

ガスデマンド監視システム

西村 弘志
野崎 正典

川本 康貴

業務用や産業用の都市ガスの料金は基本料金と使用量に応じた料金によって決まる。このうち、基本料金は単位時間あたりで使えるガスの最大量（以下、デマンド値と呼ぶ）によって決まる。デマンド値が高ければ高いほど、ガスの基本料金は高くなる。

ガス流量計からのパルス情報を元にガス使用量をリアルタイムで計測し、デマンド値を超えるかどうかを監視するシステムを「デマンド監視システム」という。ガス使用量が少しでもデマンド値を超えると、ガスの基本料金を見直す必要がある。そのためデマンド監視システムは長い間、特に工場等の産業分野から登場を期待されていた。

これらの情勢を踏まえ、我々は大阪ガス株式会社殿と共同でガス使用量デマンド監視システムを開発し、2015年8月に実証実験を開始した。本稿では本実証実験の概要と結果を示し、ガスデマンド監視システムの実現性、有用性を示す。

背景

長期休暇明けの工場立上げ時に、機器の立上げタイミングによってはデマンド値以上のガスを消費してしまうことがある。これは、例えば「冷えた炉を一気に昇温する」など通常運転時と違うガスの使い方をするため、ガス使用量の予測が難しいからである。今までは作業者のカンや経験で機器の立上げタイミング等の管理をしていが、工場の立上げに非常に時間がかかる等の問題があった。

こういった状況から、ガス使用量がデマンド値に近づいたことを警告するシステムである「ガスデマンド監視システム」の開発に着手した。本システムによりガス使用量がデマンド値に近づいていることがリアルタイムに検知できれば、機器立上げタイミングを制御してガス使用量を抑え、デマンド値を超えることを防ぎながら工場の生産性向上が実現できる。

しかし、一般的にガス流量計は屋外に設置されている場合が多く、信号線を長距離引き回す必要性や電力

確保の問題があった。そこで、我々の持つ省電力無線マルチホップ技術を用いたバッテリー動作可能なガス流量デマンド監視システムを構築し、実証実験を行った。

システム構成

本稿で述べるデマンド監視システムの構成を図1に示す。

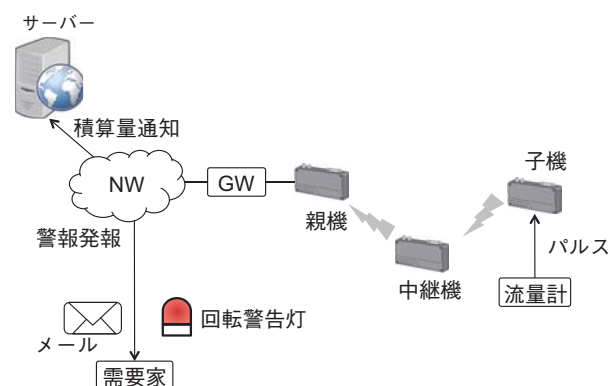


図1 システム構成図

本システムは、流量計、子機、親機、ゲートウェイ（GW：Gateway）などから構成される。以下に各装置の機能を示す。

流量計：ガスの流量を測定し、一定流量毎にパルスを出力する。

子機：流量計からのパルス出力を受信してパルスの発生時刻を記録し、発生時刻をGWへ送信する。

中継機：子機から親機まで電波が届かない場合に設置し、パケットを中継する。

親機：子機から送られてきたパケットを有線で接続されたGWへ中継する。

GW：子機から送られてきたパルスの発生時刻をもとにして監視し、ガス使用量やデマンド予測値などをグラフで表示する。また、サーバーへ10分毎のガス使用量を通知する。

デマンド監視の動作概要

前述したGWにおけるデマンド監視の動作の概要を以下に示す。

現在のガス料金体系では、デマンド値を「毎時0分から1時間のガス使用量」で算出している。ガスは電気と違い瞬間的にON/OFF制御はできないため単純にガス使用量とデマンド値を比較するシステムだと、警告が上がった時にはデマンド値を超えてしまいガス使用機器の制御が間に合わないことがある。

そこで本デマンド監視システムでは、ガス流量をリアルタイムに測定することでガス使用量を予測し、デマンド値を超えそうな場合に警告を上げる。ガス使用量の予測値がデマンド値を超えるかどうかを予測することを「デマンド予測」と呼ぶ。

GWは子機から送られてきたパルスの発生時刻から1分毎のガスの流量と毎時0分からのガスの使用量を算出し、過去の流量の平均値とそれまでの使用量から1時間単位で予測する。また、流量、使用量、使用量予測値のグラフを表示するなど可視化する。

本実験では、 t 分($1 \leq t \leq 60$)のときのガス使用量の予測値 $V'(t)$ (以下、予測デマンド値と呼ぶ)は以下の式によって求めた。

$$V'(t) = V(t) + r'(t) \times (60 - t) \quad [m^3]$$

$V(t)$: 0から t 分までのガス使用量 $[m^3]$

$r'(t)$: t 分から過去3分間の平均流量 $[m^3/分]$

デマンド予測の結果、GWは予測デマンド値がデマンド値を越えた場合には、メール送信や回転警告灯を点灯させるなどの需要家に対する警報を発報する。

警報発報の閾値がデマンド値だけだと、ガス使用量が急激に増えた場合に警報によってガスをOFF制御しても1時間の使用量がデマンド値を超えてしまうことがある。これを防ぐために、警報発報の閾値を複数設定できるようにした。

検証システムの開発

前章で述べたデマンド監視システムを検証するために、920MHz帯無線を用いたシステムを開発した。子機はOKI製の無線通信モジュール¹⁾に本実験用に試作したパルス入力用の基板を接続したものを、親機と中継器には同じくOKI製の無線ユニット²⁾を用いた。表1に親機、中継機および子機の無線仕様を示す。

表1 無線仕様

項目	仕様
周波数	920MHz帯 / IEEE802.15.4g 準拠 / ARIB STD-T108準拠
帯域幅	400kHz
変調方式	GFSK
通信速度	100kbps
送信出力	最大20mW

ZigBee^{*1)}に代表される従来の無線マルチホップシステムでは、中継装置に電源が必要であることが多い。これは非同期に送信されるパケットを中継するために常に受信待機しておく必要があるためである。ガス流量計は電源設備がない屋外に設置されることが多く、従来の無線マルチホップシステムを適用することが難しい。そこで、我々は子機および中継機の電池駆動が可能な省電力無線マルチホップ方式^{3),4)}を開発し本システムに採用した。また、本システムでは毎時0分からの1時間のガス使用量を用いてデマンド値を算出しているため、パルスの発生時刻が必要となる。省電力無線マルチホップ方式では通信遅延が大きいので、子機側でパルスの発生時刻を付与する必要がある。このため、子機が正確な時刻を保持することができる時刻同期方式を開発した。また、本実証実験は開発期間短縮のためにメールでの警報発報機能とサーバーへの積算量の通知機能を省略し、グラフ表示機能と回転警告灯の制御に関してのみ実装した。

実証実験

試作したデマンド監視システムを検証するために実際にガスを使用している工場に設置し、長期休暇明けのガス使用機器の立上げ時の動作を検証した。

本実験ではGWと親機を機器の制御盤がある工場内の一室に設置し、子機をガスメーター建屋内に設置した。金属製の建屋からGWまでの電波の接続性を確保するためにルーフトップアンテナを建屋の外まで引き回して設置した。

親機を設置した場所と子機を設置した場所は直接無線通信が行える距離(約30m)であったので、本実験は中継器を設置せずに行った。システムの設置状況写真1に、グラフを表示している様子を写真2に示す。

*1) ZigBee は、ZigBee Alliance の登録商標です。

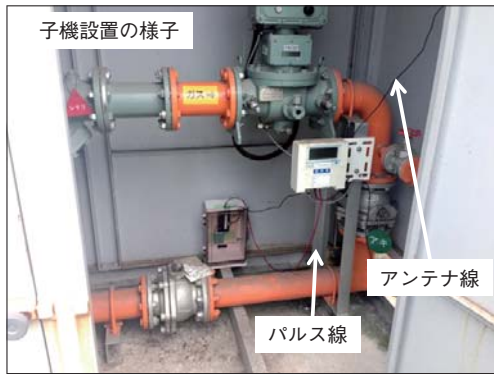


写真1 システムの設置状況



写真2 グラフ表示の様子

機器立上げを行った8時半頃から11時までの間デマンド監視した結果を図2~4に示す。図の横軸は正時からの経過時間を、左縦軸は累積使用量と予測デマンド値を、右縦軸は1分あたりの流量を示している。また、破線と点線の横線は警報を上げる閾値を示しており、本実験は閾値を110m³と120m³に設定して行った。

実験を行った結果、過去の使用量との比較や通信ログの内容からパルスの発生時刻を通信による欠損なく正しく取得できていることを確認することができた。

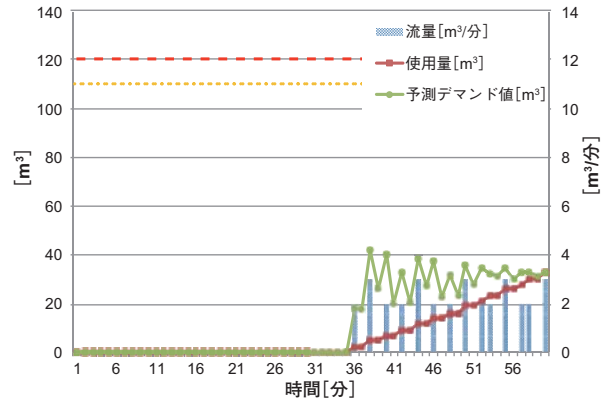


図2 8時から9時までのデマンド監視結果

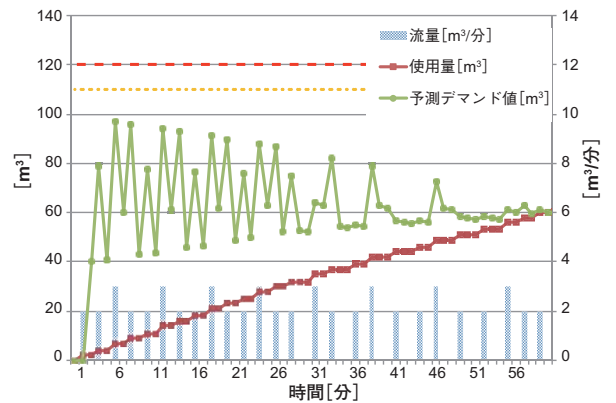


図3 9時から10時までのデマンド監視結果

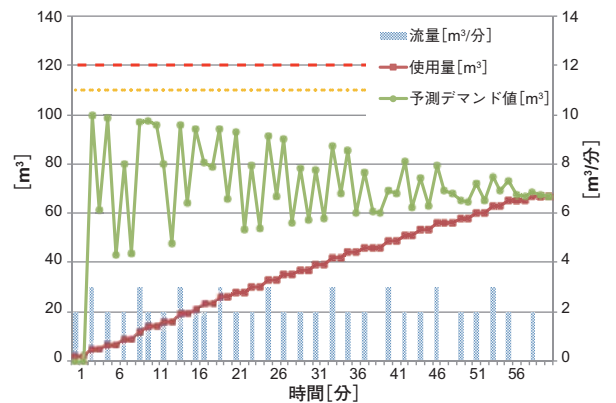


図4 10時から11時までのデマンド監視結果

また、予測デマンド値が閾値を超えた場合の警報発報の動作は、システム設置時に行った事前測定により確認した。このときの結果を図5に示す。

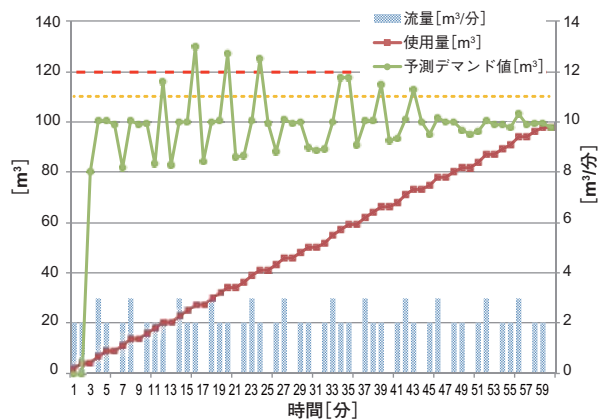


図5 事前測定時のデマンド監視の結果

あとがき

省電力無線マルチホップ技術を用いたガス使用量デマンド監視システムの概要と実証実験について述べた。実証実験の結果、ガス消費の見える化とデマンド予測ができることを示した。今回開発したシステムを用いることで、機器立上げ時等にリアルタイムでガス使用量を把握でき、ガス使用量がデマンド値を超えないように機器の立上げを制御できる。

今後は、本実証実験で省略した機能を組み込んだシステムで再度動作検証を行う予定である。

謝辞

本研究は大阪ガス株式会社殿との共同研究「デマンド監視装置の開発」の一環として行われたものである。

参考文献

- 1) 沖電気工業株式会社、「920MHz帯無線通信モジュール」、<http://www.oki.com/jp/920M/module/>
- 2) 沖電気工業株式会社、「920MHz帯マルチホップ帯無線ユニット」、<http://www.oki.com/jp/920M/unit/>
- 3) 久保祐樹、柳原健太郎、野崎正典：無線センサネットワークの省電力化技術、OKIテクニカルレビュー第214号、Vol.76 No.1、pp.32-35、2009年4月
- 4) 野崎正典 他：スマートネットワーク向け無線マルチホップ通信技術、OKIテクニカルレビュー第218号、Vol.78 No.1、pp.78-81、2011年10月

● 筆者紹介

西村弘志：Hiroshi Nishimura. 研究開発センタ スマート社会ビジネスイノベーション推進部

川本康貴：Yasutaka Kawamoto. 研究開発センタ スマート社会ビジネスイノベーション推進部

野崎正典：Masanori Nozaki. 研究開発センタ スマート社会ビジネスイノベーション推進部