

ガス導管網供給設備計画・運転支援システム 「Win GAIA®」の高度化

Upgrade of Gas Pipeline Engineering and Operation Supporting System “Win GAIA®”

佐藤 律夫 SATO Ritsuo
山根総一郎 YAMANE Soichiro

JFE エンジニアリング パイプライン部流送設計室 開発グループマネージャー
JFE エンジニアリング 流通システム事業部 ソリューションシステム室 副主幹

要旨

天然ガス需要の急速な増加により、ガス導管網の運用には以前にも増して高度な運転・監視が求められている。これらのニーズに対応するため、JFE エンジニアリングでは、従来の Win GAIA® の供給操作支援機能を大幅に強化した。この強化された Win GAIA® は実際のガス導管網の供給操作支援に使用され効果を上げている。

Abstract:

The rapid increase in demand for natural gas, advanced operation and monitoring have been required for daily operation of gas pipeline networks than ever before. In order to respond to these needs, Win GAIA® was greatly enhanced in operation support functions for daily supply in JFE Engineering, and contributed the effective operation of the real gas pipeline networks.

1. はじめに

天然ガスを輸送する設備として欠かせないガス導管網にあっては、近年の天然ガスの利用増加にともない、設備やその運用が多様化かつ複雑化する傾向にある。

JFE エンジニアリングでは、2000年に、このようなガス導管網の大規模ネットワーク化や運用の複雑化に対し、最適な設備計画の作成や安全かつ効率的な運転を支援する、高速流送解析シミュレータを中核としたガス導管網非定常流送シミュレーションシステム=Win GAIA®を開発し¹⁾、当社のエンジニアリング業務に活用するほか、稼働中パイプラインの運転支援用として納入し効果を上げてきた。

このような中で、最近では、納入先である客先ニーズにより Win GAIA® と実設備の監視・制御システムとを連携し、日々の運転・監視業務の一部として組み込まれるケースが増えており、これにともない、いっそうの機能向上、客先ごとの設備や業務フローに応じたカスタマイズ、利用者層の裾野拡大にともなう操作性の向上が求められるようになってきた。

本報では、これらのニーズに対応した Win GAIA® の新たな機能や技術の概要について報告する。

2. ガス導管網の運用

ライフラインとしての高い供給信頼性が求められるガス導管網の運用においては、季節、曜日、時間帯、気象条件により時々刻々変動するガス需要に見合った適切な供給操作が必要となる。これらに加えて、圧縮性に起因する応答遅れ、ガス導管網全体の許容圧力範囲内のガス貯蔵、さらには需要量の変動を平準化するバッファ効果などを考慮する必要がある。

これらを考慮すると、実際のガス導管網の供給操作は、以下の PDCA (計画-実行-評価-改善) サイクルの繰り返しになると考えられる。

- (1) 数時間から2日程度先までのガス需要を予測する。
- (2) 予測したガス需要に応じた供給計画を作成する。供給計画の作成には、ガスの圧縮性の影響を正しく反映するため Win GAIA® などの非定常流送シミュレータを用いることが望ましい。
- (3) 実際にガス導管網の供給操作を行う。
- (4) ガス導管網各所の圧力・流量範囲の適切性を常時監視する。
- (5) ガス導管網の運転状況に問題が発生した場合には、(1)に戻り計画を立て直す。

特に近年では、急速なガス需要の伸びにともなう相対的な輸送余力の減少、経済状況の影響を受けやすい大口需要

の増大により、上記 PDCA サイクルを早く、確実に実施することが不可欠となりつつある。また、供給地域の拡大や設備増強にともなう運転方法の大幅な変更、新人オペレータへの技術伝承に備えた事前のオペレーション訓練ニーズも増大している。

3. Win GAIA® の基本機能

Win GAIA® の基本機能については既報¹⁾に詳しいが、ここでは簡単に概要を説明する。

Win GAIA® は、ガスの圧縮性による応答遅れやバッファ効果による影響を精度良く再現する非定常流送シミュレータを中核に、3つの主要機能とそのサブ機能から構成される。

(1) オフライン計画支援機能

- ・パイプラインモデル作成 (PLM)：ガス導管網の解析モデルを作成する。
- ・オフライン計画支援シミュレーション (PLS)：将来の設備計画や運用計画など、仮想的なガス導管網や需給計画に基づく机上検討を行う、オフラインシミュレーション機能である。

(2) リアルタイム状態監視機能

- ・実時間シミュレーション (RTS)：実設備の監視制御設備と連携して、ガス導管全体のオンライン・リアルタイムシミュレーションを行い、常に現在のガス導管網の流送状態をシミュレータ上で再現し、漏洩検知 (LDL) の基準値や近未来予測シミュレーション (FCS) の初期値を作成する。
- ・漏洩検知 (LDL)：実時間シミュレーション (RTS) の計算結果と実設備の計測値が大きく乖離した場合に漏洩と判断し、警報発報と各種情報の提供を行う。

(3) 供給操作支援機能

- ・ガス需要予測 (DFC)：人工知能 (ニューラルネットワーク) により、過去の需要変動と気温の相関を学習し、需要家ごとに約 2 日分の時間需要量の予測を行う。
- ・近未来予測シミュレーション (FCS)：実時間シミュレーション (RTS) の計算結果を初期条件とし、需要量予測結果から今後 2 日程度先までの需要量変動を設定し、オペレータがケーススタディにより今後の供給計画を検討する。

これらのサブ機能はユーザーニーズに応じて自由な組み合わせや段階的増強が可能なよう、独立したモジュールとして構成されている。また、各モジュールは、ユーザーごとに異なる要求事項を漏れなくカバーするため多機能化を図るとともに、需給量条件の設定にユーザーカスタマイズが可能な表計算ソフトを用いている。

一方、このような多機能化を図っているため、たとえば、需給量条件を作成するためには、各モジュールから必要な

機能を選択し、複数のモジュールや表計算シートを組み合わせる必要があるので、一般ユーザーにはその扱いに習熟するまで時間を要する面もあった。

4. Win GAIA® の新機能

Win GAIA® の新機能は、前述の基本モジュール運用の中で得られた知見を踏まえ、その操作性を改善しつつ、新たな技術も加え機能強化を図ったものである。以下に、具体的な強化点を示す。

4.1 供給操作支援機能の強化

4.1.1 需要量予測精度の改善

立案された供給計画の有効性は、需要量の予測精度に大きく依存するが、一般的に行われている過去類似日の実績需要を基にした需要量予測では、予測者の経験レベルにより予測精度がバラつく可能性があり、Win GAIA® 基本機能の需要予測 (DFC) では、近年のガス需要増加の大半を占める大口需要家の稼働／非稼働の影響による大きな需要量の変動を考慮できないなどの課題があった。

そこで、当社が独自に開発した人工知能エンジン WinmuSe^{®2)} の一機能である PAC (Program Auto Creation) 機能を応用し、新たな需要量予測機能を開発した。PAC では、従来のニューラルネットワークに比べ、より多くのパラメータを取り扱うことが可能となり、大口需要家の稼働状況のほか、多くの気象情報を取り込んだ精度の良い予測モデルの作成が可能となった。以下に従来の需要量予測 (DFC) と PAC の予測パラメータの比較を示す。

- ・需要量予測 (DFC) の予測パラメータ：直近の実績需要量、気温、曜日フラグ
- ・PAC の予測パラメータ：直近の実績需要量、気温、湿度、風向、風速、降水量、降雪量、曜日フラグ、特異日フラグ、大口需要家稼働／非稼働フラグ

また、新しい需要量予測機能では、過去一定期間の予測結果と実績との誤差を分析し、その誤差を時間単位で補正する機能を追加することにより、最終的な予測精度を確保している。

4.1.2 供給計画の検討自動化機能の追加

従来の供給計画作成では、ガス導管網の圧力が適切な範囲に収まるよう、オペレータによる供給操作のケーススタディが必要であったが、近年のガス需要の急速な増加や、大口需要家の負荷変動により、適切な供給計画の作成は、熟練したオペレータでも負荷の高い作業となる面があった。

ここでも、前記の WinmuSe[®] の一機能である RET (Reverse Engineering Technology) 機能を応用し、設定した条件下における供給計画の自動検討・作成機能を開発した。RET では、供給設備の能力やガス導管網の圧力範囲などの制約条件と、輸送コストミニマム、輸送能力最大化な

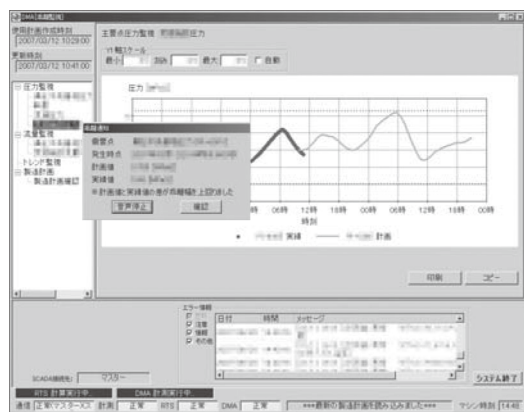


図2 乖離監視(DMA)のイメージ

Fig.2 Image of deviation monitoring and alert (DMA)

作成する場合は前年度のピーク日の需要実績を基に需要量を嵩上げる、日常の需給計画において直近類似日の実績需要を基に需要量の調整を行う、あるいは一般に特異日と呼ばれる年末年始、ゴールデンウィークなど通常の需要変動とは大きく異なる期間の需要条件を設定する場合などである。

このため、新たに Win GAIA[®] のすべてのモジュール機能から参照することが可能なデータベースを導入した。本データベースには、実績需要量のほかに、需要量予測で用いられる実績および予測気象情報、前述の需給計画 (DSP) の画面設定情報が一元的に管理され、複数機能間および複数端末間での円滑なデータ連携に寄与している。

そのほか、適用先の監視制御システムが複数系統に分かれている場合に、本データベースにデータを集約し、Win GAIA[®] および他システムにデータ提供する、あるいは、あらかじめ万一の緊急時用の需要条件や供給条件を登録しておくなどの発展的な利用も進みつつある。

4.1.6 可用性の向上

供給操作支援機能が、日常の供給操作検討の一環として組み込まれるにつれ、Win GAIA[®] にも高い可用性が求められつつあり、以下の方法で可用性を高める事例が増加している。

(1) ハードウェアレベルでの可用性の向上

従来のパソコンに比べ、信頼性の高いサーバー系のハードウェア/OSを採用する。さらに必要に応じてホットスタンバイ/コールドスタンバイによる適切な冗長化を行う。

(2) ソフトウェアレベルでの可用性の向上

万一端末の障害が発生した場合に、その端末で稼働していた機能を、ほかの健全な端末に集約することにより可用性を向上させる。

(3) 複数の事業所への Win GAIA[®] の導入

4.2 訓練機能の拡充

日々の供給操作の高度化にともない、その基本技術を習得するための訓練機能にも新たなニーズが顕在化している。

従来より監視制御端末の操作方法の習得や、万一の緊急時に備えた予備訓練としてオペレーション訓練が実施されてきた。これらの訓練は、監視制御端末の画面を紙芝居のように表示するものが多く、監視制御端末の基本操作や、普段体験する機会のない緊急時画面の操作手順習得には効果的であるが、供給操作にともなうガス導管網の圧力・流量変化による影響までは習得できなかった。

4.2.1 詳細訓練機能 (OTS)

そこで Win GAIA[®] では、実設備と同等の訓練用監視制御設備と連携し、非定常流送シミュレーションにより、供給操作にともなうガス導管網の圧力・流量変化まで再現可能な高度な訓練機能を開発した。本訓練システムでは、訓練用監視制御端末から供給操作を指示すると、その供給操作に従って非定常流送シミュレーションが実行され、計算結果が訓練用監視制御端末に表示される。非定常流送シミュレーションは、監視制御設備のデータ収集周期と同等の周期 (たとえば、60 秒周期) で実行されるため、あたかも実際のガス導管網の供給操作を行っているかのようなリアルな訓練が可能である。

4.2.2 簡易訓練機能 (SOTS)

さらに最近では、オペレーション技術の伝承、将来的な供給地域の拡大や設備増強にともなう運転方法の大幅な変更に加え、より簡便にオペレーション訓練を実施したいとのニーズが高まっている。このようなニーズに対して前記詳細訓練機能は、実設備と同等の監視制御設備が必要なため導入コストが高く、また実設備と同じ画面や計測タグ情報を用いるため、将来のガス導管網向けの訓練ができないなどの問題があった。

そこで、新たに Win GAIA[®] 単体で訓練が可能な簡易訓練機能を開発した。本システムの訓練イメージを図3に示す。簡易訓練機能は、導管網マップ表示ウィンドウ、監視制御ウィンドウ、計算サーバー部から構成される。実設備の監視制御端末と同様に、導管網マップ上の表示色・数値表示や監視制御部のグラフによりガス導管網の運転状況を監視し、監視制御部から供給操作の入力が可能である。投入された供給操作に応じて、計算サーバー部で非定常流送シミュレーションが行われ、得られた計算結果で導管網マップおよびグラフが更新されるため、詳細訓練機能と同様に供給操作にともなうガス導管網の圧力・流量変化を正確に再現した訓練が可能である。

簡易訓練機能で訓練対象とするガス導管網は、オフライン計画支援シミュレーション機能 (PLS) で作成した導管網モデルが利用できるため、実設備に存在しない将来的なガス導管網を対象とした訓練にも対応できる。また、訓練の

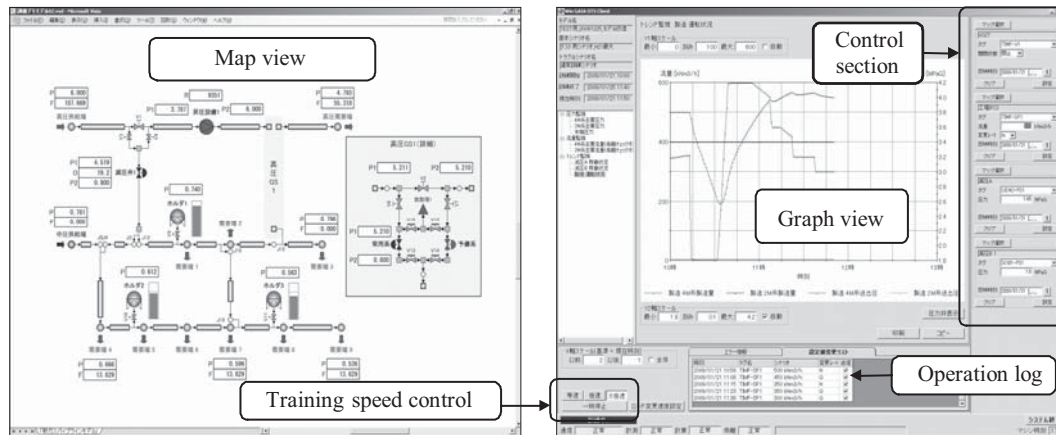


図3 簡易訓練イメージ

Fig.3 Image of simple operation training (SOTS)

早送りや一時停止にも対応しており、訓練者の時間の都合に合わせて訓練を進めることができる。さらに、パソコン1台で訓練システムが実現できるため導入も容易であり、デュアルディスプレイ環境では、導管網マップと監視制御の双方の画面を同時に見ながら効率的に訓練を進められる。なお、より実設備に近い表示・入力環境で訓練を実施したい場合は、市販の汎用的なマンマシンインターフェイス作成ツールと組み合わせることにより実現可能である。

4.3 シミュレーション対象の拡張

従来の標準シミュレータに加え、新たに以下の3つのシミュレータを開発した。これらのシミュレータを用いることにより、長大なガス導管網の解析から、エンジニアリング用途向けの詳細解析まで、Win GAIA[®]の適用範囲がさらに広がりを見せている。

(1) Hyper-Win GAIA

数千キロメートルにおよぶ大規模ガス導管網の解析を標準シミュレータの数倍から十数倍の解析速度で解析する超高速シミュレータ。大規模都市ガスネットワークの高圧+中圧一体解析などに有効。

(2) 成分トラッキング³⁾

ガス導管網内の異種ガスの伝搬状況を解析。

ガスパーズ、熱量変更、万一の異種ガス混入時の需要家への到達時間・成分変化などを推定。

(3) 詳細制御シミュレーション

詳細な制御ロジックを組み込んだエンジニアリング向け解析機能。

5. おわりに

近年のガス導管網の運用変化に対応可能な、Win GAIA[®]の新規機能の概要について報告した。

Win GAIA[®]は国内のガス導管網で約10,000 kmのモデル化実績と、13社22事業所での稼働実績があり、今回報告した新規機能も、これらのいずれかでその有効性が実証されている。

今後とも大規模・複雑化するガス導管網の運用変化に対して、非定常流送解析技術をベースに新たな技術も取り入れ、当社のエンジニアリング業務への活用をより進めるとともに、客先におけるガスの安定供給にこれまで以上に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐藤律夫, 山根総一郎ほか. ガスパイプライン運転支援システム. NKK技報. 2000, no. 170, p. 41-47.
- 2) JFE エンジ "muSe でプラントの最適運転を支援". エンジニアリング・ビジネス. 2004, vol. 24, no. 22, p. 6-7.
- 3) 山根総一郎, 佐藤律夫. ガスパイプライン異種ガス対応非定常流送解析シミュレータの開発. JFE 技報. 2006, no. 14, p. 60-64.



佐藤 律夫



山根 総一郎