

災害時コンビナート機能維持のための 高度安全制御統合化環境の構築

Construction of an Advanced Integrated Control Structure for Safety and Functional Maintenance in Disaster-Stricken Industrial Complex

井上 昭 (Akira Inoue)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授



研究の概要

工場集積地帯における災害時での機能維持のため、プラントの異常検出、防災対策、物流再計画、安全制御則、運転支援などの機能を持つ高度安全制御統合化環境を構築した。同環境の各機能は分散エージェント毎に実装され、各エージェントは、分散協調通信サーバを介してネットワーク化され、エージェントは容易に追加、変更が可能である。

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：情報システム、システム工学、安全工学、減災、ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

大規模な地震など災害が発生すると、住民だけでなく、産業へも大きな被害がおよび、災害時や事故発生時でのプロセス管理システムが社会的に求められていた。しかし、プロセス管理の種々の要素を統合的に管理するシステムは提唱されてはいたが、システムの追加、変更が容易で、かつ、最新の運転支援、故障診断、物流計画の機能を有する具体的な統合化環境システムの構築が待たれていた。

2. 研究の目的

災害時や事故発生時でのプロセス管理、および、平常時での防災対策のプロセス管理のための個別技術を開発し、統合化して安全制御統合化環境を構築する。開発する個別技術はアクティビティモデル、化学反応評価のためのマイクロリアクタ評価装置、故障診断手法、生産・物流計画手法、運転支援システム、防災支援システムである。

3. 研究の方法 (主な購入設備等を含む)

前項で述べた統合化環境に必要とされる機能を実現するため、まず、具体的な個別研究テーマについて各研究分担者が研究開発し、得られた最新研究成果を分散エージェントとし、分散協調通信サーバを介して統合化環境として右図のようにネットワーク化した。統合化環境のプラットフォームとして Java 用分散オブジェクト HORB をベースとして開発された環境を用いた。

統合化環境に、シミュレータ、プロセス実験装置、防災活動支援装置も含まれる。

4. 研究の主な成果

統合化環境プラットフォームとして Java 用分散オブジェクト HORB をベースとして開発された環境を用い、統合化環境の各機能は、分散協調通信サーバに接続される分散エージェントとして実現した。分散エージェントの共通部分を抽出実装したスケルトンプログラムを作成し、分散エージェントとしての実装を容易にするツールを開発した。本環境は機能の追加、変更が容易に可能である。

個別研究成果として、次の成果を得た。

(1) コンビナートでのプラント運転管理、物流・生産計画、防災活動に関する機能を IDEF0 形式でアクティビティモデル化した。

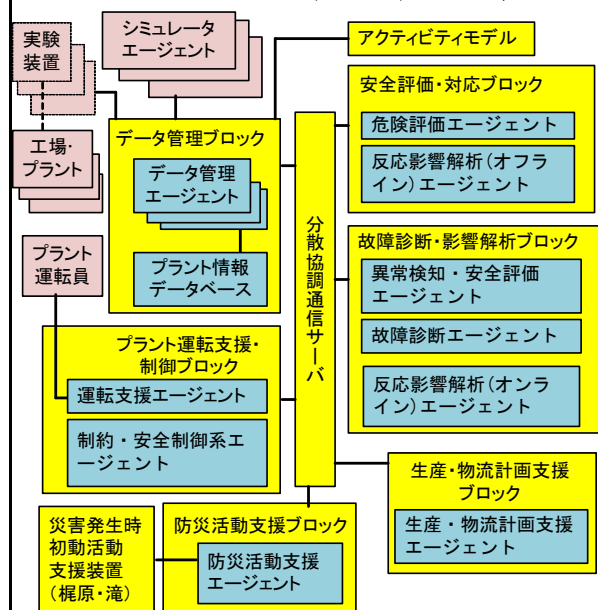


図1. 統合化環境を構成する主なエージェント

〔4. 研究の主な成果 (続き)〕

(2) 制御理論を利用して、モデルに不確かさを含む場合の故障診断法を開発しエージェント化し、プラント実験装置に対してネットワークを介して評価した。

(3) 安全評価のためのマイクロリアクタ装置を製作し、オンラインにより反応速度を計測し、温度依存性等を明らかにした。

(4) 入力制約のある場合、および、コントローラも安定な強安定制御則を求め、エージェント化してネットワークを介してプロセス実験装置の制御を行った。

(5) 分散エージェント法を用いた生産計画、原料運搬計画法を考案し、分散協調通信サーバを介してエチレンプラント各炉生産計画、製鉄所製鋼工程生産計画、製鉄所原料ヤード鉱石運搬計画に適用した。

(6) プラント運転員支援システムとしてヒューマンエラーを防ぐための動的操作パーミッションシステムを構築した。

(7) 防災活動支援システムとして現場の初動隊員と本部との間で、初期活動や防災訓練に必要な情報を送受信するシステムを構築し、地方自治体、民間企業において試験運用を行った。

いくつかの異常シナリオによって統合分散協調システムの評価を行った。異常シナリオでは、模擬対象としたプラント等は、石油精製プラント、エチレンプラント(5つの熱分解炉)、および、鉄鋼プラントの原料ヤードであり、地震発生により、石油精製プラントのナフサ抜き出しポンプの性能が低下した場合(生産減少のまま運転継続と石油精製プラントの停止の2種類)と、エチレンプラントの熱分解炉の1器が異常発生により停止した場合を考えた。合わせて防災活動支援システムも連携動作させた。同シナリオでは、下図のように12のエージェントが連携して動作している。複数の安全工学専門の大学教員、企業技術者から、異常シナリオのデモに対して、システムとして有効に機能しているとの評価を得た。

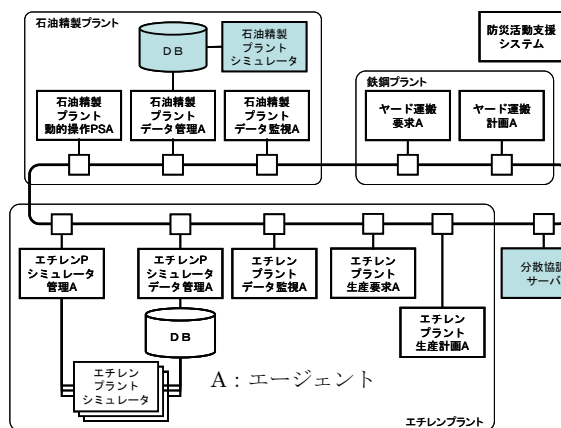


図2. 異常シナリオにおけるエージェント群

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

プロセス安全管理の諸相を統合的に行うシステムが求められていたが、従来は拡張性、柔軟性、項目間の整合性に欠点があった。本システムは安全管理のための個別の最新技術をエージェントによって容易に取り入れることができる。本システムは、学術雑誌の解説記事、国際会議での招待講演で紹介する機会を得た。

本計画の研究では2件の論文賞を得た。

本計画の防災活動支援装置は地方自治体、民間企業において試験運用の機会を得た。

6. 主な発表論文

1. コンビナート機能維持のための高度安全制御統合化環境の構築, 井上昭, 五福明夫, 島田行恭, システム/制御/情報(システム制御情報学会誌), 53巻, 7号, 2009(掲載予定)
2. Distributed Optimization Method for Simultaneous Production Scheduling and Transportation Routing in Semiconductor Fabrication Bays, Takaharo Furusho, Tatsushi Nishi and Masami Konishi, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.4, No.3, 559-575, 2008
3. Development of Activity Models of Integrated Safety and Disaster Management for Industrial Complex Areas", Yukiyasu Shimada and Hossam A-Gabbar, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol.5179, pp.1-8, 2008
4. Experimental Results of an Aluminum Plate Temperature Control by Stable Continuous-time Generalized Predictive Control, Akira Inoue, Mingcong Deng, Akira Yamaguchi, SICE-ICCAS 2006, Pusan, Korea, October, pp.511-515, 2006(Best Paper Award受賞)
5. Operator based nonlinear feedback control design using robust right coprime factorization, M. Deng, A. Inoue, and K. Ishikawa, IEEE Trans. on Automatic Control, Vol. 51, No.4, 645-648, 2006
6. 人間の簡略化傾向を考慮した因果推論過程の対話的説明表示, 五福明夫, 嶋田雄介, 水原啓暁, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 321-330, 2006(第7回ヒューマンインタフェース学会論文賞, 2007年3月)