

プログラム名:社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム

PM名:原田 博司

プロジェクト名:ファクトリセキュリティ

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名

つながる工場シミュレーターおよび故障・攻撃検知アルゴリズムに関する研究開発

研究開発機関名

三菱電機株式会社

研究開発責任者

米田 健

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究開発では、工場の健全性維持と生産性向上の実現に向け耐故障・攻撃性を備えた超高精度工場機器稼働推計による「つながる工場」シミュレータを用いて「つながる工場」の健全性をリアルタイムに分析し、サイバー攻撃を一網打尽に捉える全く新しいシステムの開発を行う。平成 29 年度の計画と目標は以下の通りである。

1. つながる工場シミュレータ開発

平成 29 年度は、平成 28 年度のシミュレータ開発で得られた知見、すなわち生産量の変動するオーダーメイド生産に柔軟に対応する工場の適切な形態及び、同工場にて製品を信頼性高く製造するための制御プロトコル、を踏まえつつ、シミュレータの規模を 100 ロボット程度のマスカスタム生産工場に拡張するためのシミュレーションアルゴリズムの改良を行う。

2. 故障・攻撃検知アルゴリズム開発

平成 29 年度は、工場規模増加にともなう処理アルゴリズムの高速化等を行うとともに、攻撃検知精度を改善、さらに故障検知も可能とするようアルゴリズム拡張を実施する。工場エミュレータを、100 ロボット規模の工場を再現できるようエミュレーション規模を拡大するとともに、疑似的な故障発生機能と、平成 28 年度に開発した実工場プロトと連動するような実-仮想連携機能を追加開発する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

1. つながる工場シミュレータ開発

100 ロボット規模のマスカスタム生産にシミュレーション規模を拡大する上で、生産計画から設備稼働スケジュールを導出するスケジューリングアルゴリズムの高速化が最も大きな課題である事が判明した。スケジューリングアルゴリズムの検討・試作は共同開発者である神戸大学が実施した。平成 28 年度の工場モデルでは、設備故障発生時に生産を自動継続するためのリスクスケジューリングが未検討であったため、そのようなリスクスケジューリングに対応するために階層化リスクスケジューリング方式を考案、スケジューラ-MES 間のプロトコルを検討した。

国際会議 Plattform Industrie 4.0 や IIC(Industrial Internet Consortium)に参画し、つながる工場の動向について調査を行った。その結果、現在つながる工場におけるセキュリティでの議論は、防御と検知に主に焦点があたっており、攻撃発生時の工場隔離や生産リスクスケジュールによる製造の継続、工場の回復といった、攻撃検知後の対応については十分な議論がなされていない事が明らかとなった。そこで、平成 30 年度は、この課題の解決に取り組む方針とした。

2. 故障・攻撃検知アルゴリズム開発

工場規模増加に伴うアルゴリズムの高速化は、100 ロボット規模に拡大したシミュレータ、エミュレータを活用し、実時間内で解を導出できるようにした。攻撃検知精度を改善するために、平

成 29 年度は工場内に侵入した攻撃者による直接的な設備への攻撃という新たな脅威に着目した。攻撃により生じる現象は、故障に伴う設備の動作不良と同じであることから、故障検知アルゴリズムにまず着手し、その後検知された故障の原因が経年劣化によるものか、攻撃によるものかを識別できるようアルゴリズム改良を行う方針とした。故障検知アルゴリズムに関しては、製造スケジュールと各製品の検品結果から、不良品発生の主要因となっている設備群を特定する方式を確立、実証プログラムを作成した。故障と攻撃の識別については、方式の概要検討を行った。

工場エミュレータは、100 ロボット規模の工場を再現できるようエミュレーション規模を拡大、平成 28 年度に開発した実工場プロトと連動するような実-仮想連携機能を追加開発し、連動して動作する事を確認した。疑似的な故障発生機能については、攻撃故障検知機能の実証効率を考慮し、工場エミュレータとは別の工場シミュレーションツールを開発した。

2-2 成果

1. つながる工場シミュレータ開発

MES シミュレータ及び設備コントローラシミュレータを組み合わせ、100 台ロボット規模の仮想的なマスカスタム弁当生産工場シミュレータを構築、神戸大学の生成したスケジュールデータで、正常にコマンドをシミュレートできる事を確認した。

故障に伴うリスケジュールについては、MES とスケジューラで階層化して実施する方式を考案した (Figure 1)。チョコ停などの軽微な問題は、MES レベルでの単純なリスケジュールにより製造を続行する。設備故障によるドン停など MES で対処できない故障が発生した場合、工場内スケジューラによる最適なリスケを計算する一方、MES は可能な範囲でできる限り生産を続行する事で、スケジュール再計算にかかる時間による製造遅延の最小化を可能とした。本方式に関連する特許を平成 29 年度出願した。

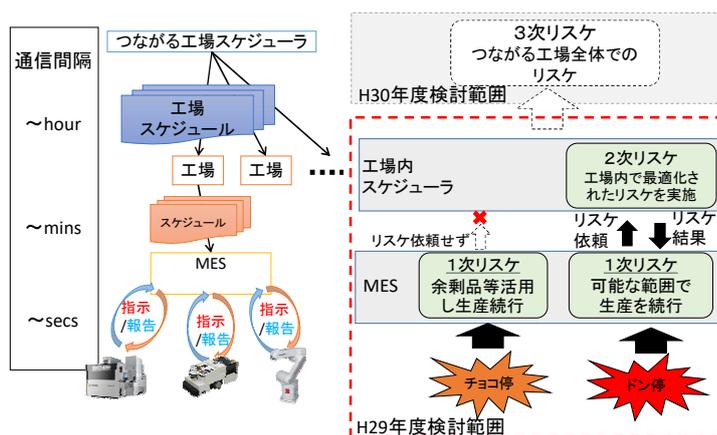


Figure 1 階層型リスケジュール

工場シミュレータ開発の成果拡大のため、市販の汎用工場モデリングソフトウェアを工場エミュレータと連携させ、複数種類の工場をリアルに再現可能なエミュレータに機能向上させる開発を 2018 年度に実施する予定。そのために 2017 年度にモデリングソフトの調査、連携方式の検討等を実施した。

2. 故障・攻撃検知アルゴリズム開発

攻撃を受けた、あるいは故障が発生した装置が存在することにより、歩留まりが悪化することを利用して、多量の装置の中から対象の装置を検出する故障・攻撃検知アルゴリズムを開発した。大量の製品の出荷検査結果（合否）と製品を製造する際に経由した装置の情報から、個々の装置がどの装置を経由した場合に歩留まり悪化につながっているかを推定し、歩留まり悪化の起因となる装置を特定する (Figure 2)。本方式に関連する特許を考案、平成 30 年 4 月に出願予定。

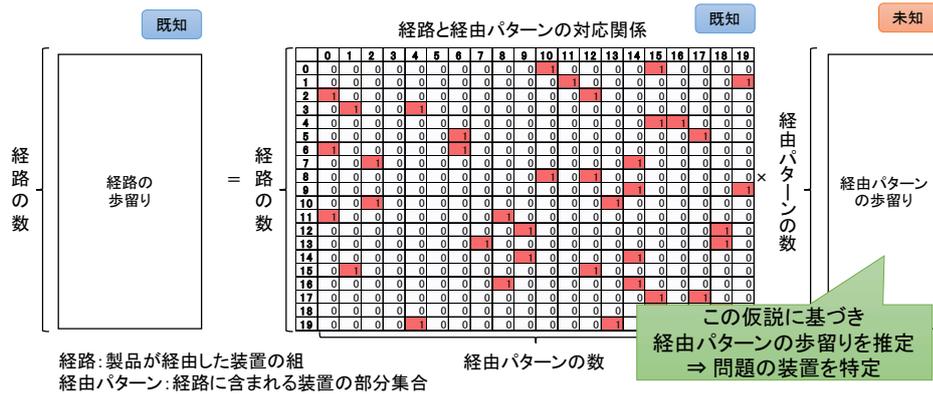


Figure 2 故障検知アルゴリズム

工場エミュレータは、100 ロボット規模の工場を再現できるようエミュレーション規模を拡大、平成 28 年度に開発した実工場プロトと連動するような実-仮想連携機能を追加開発し、連動して動作する事を確認した (Figure 3)。

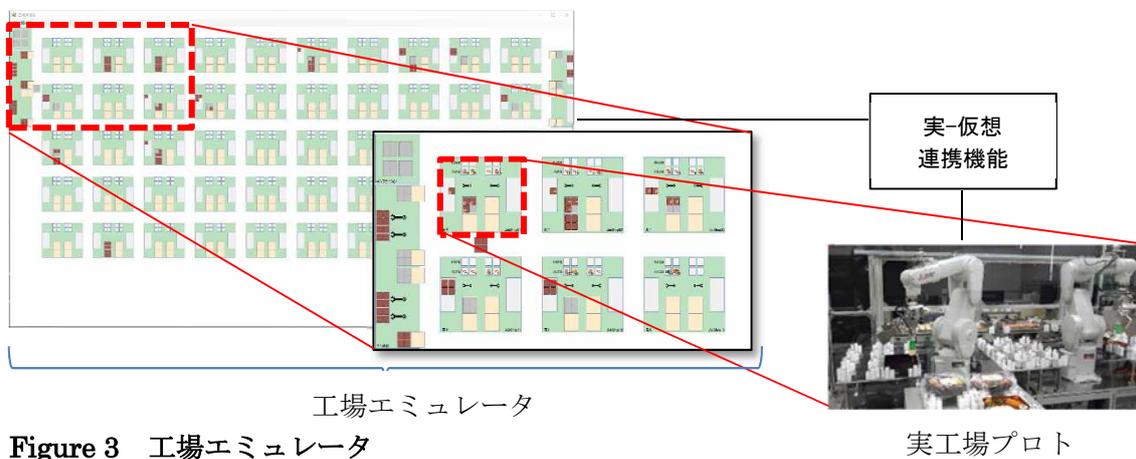


Figure 3 工場エミュレータ

2-3 新たな課題など

平成 30 年度は、国際会議等での調査結果に基づく課題に着目し、解決するための技術開発に取り組む。それと並行し、リスクスケジュール方式の検証や攻撃故障検知技術における故障原因判定など、平成 29 年度技術の更なる深化を進めていく。

3. アウトリーチ活動報告

本プロジェクト成果を広くアピールする事で外部意見を収集するため、平成 28 年度攻撃検知技術のプロモーションビデオ改良及び平成 29 年度開発の攻撃・故障検知技術のプロモーションビデオ制作を行った。