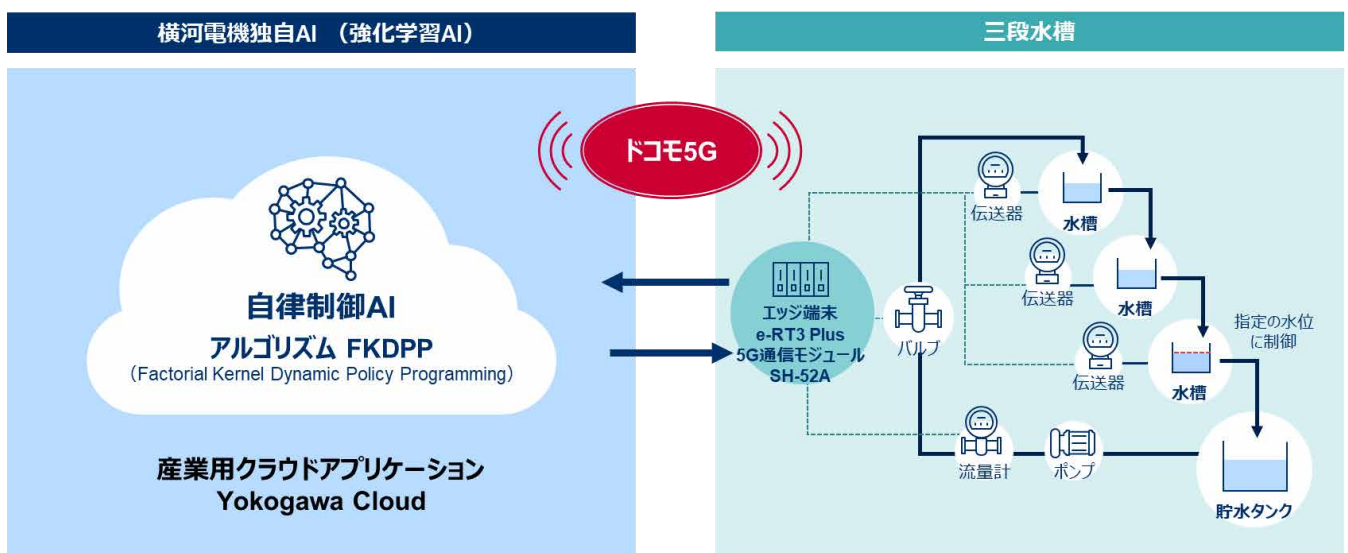


## 横河電機とドコモが、5G・クラウド・AIを活用したリモート制御に成功

### ～実際のプラントのリモート操業やプロセス産業における自律化に道筋～

横河電機株式会社(本社:東京都武蔵野市 代表取締役社長:奈良 寿 以下、横河電機)と株式会社 NTTドコモ(本社:東京都千代田区 代表取締役社長:井伊 基之 以下、ドコモ)は、横河電機と奈良先端科学技術大学院大学 (NAIST) が共同開発した自律制御 AI(アルゴリズム Factorial Kernel Dynamic Policy Programming 以下、FKDPP<sup>※1</sup>)をクラウド上に置き、これを使用してドコモの第5世代移動通信システム(以下、5G)を介してプラントを模したシステムのリモート制御を行う共同実証実験(以下、本実証実験)を行い、遠隔操作における5Gの実用に向けた有効性を確認することに成功しましたのでお知らせします。

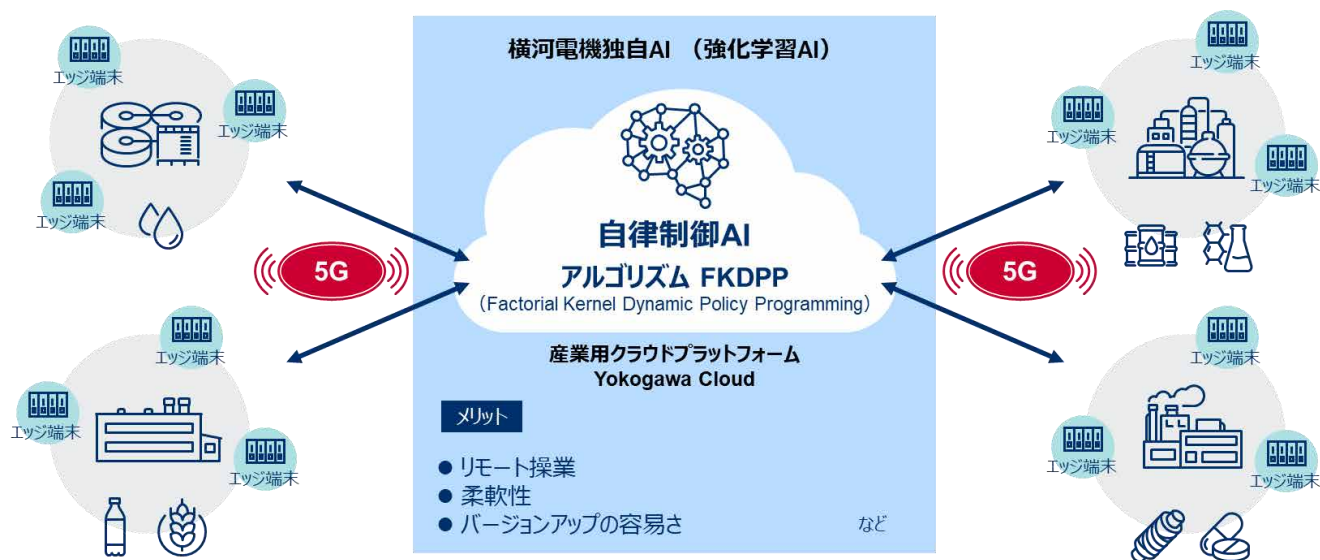
近年、広域に分散する設備や遠隔地、あるいは危険場所への対応など、リモート操業の需要は以前より高まり、人々の働き方も大きく変化しています。日常生活に欠かせない資源、素材、産業材料などの精製・精錬を行うプロセス産業のプラントは、長年稼働することで、各装置が経年変化を起こします。これらが自律的な調整能力や制御能力をもつことは極めて大きなメリットが期待できます。たとえば、既存設備に高速無線通信に対応したエッジ端末を設置し、クラウド上の自律制御 AI が装置の状況や変化を把握しながら制御を行うことは、自律的かつ、場所の制約にとらわれないリモート操業を実現する一つの方法です。2022年2月に実際の化学プラントで既存の制御技術(PID 制御<sup>※2</sup>、APC<sup>※3</sup>)が適用できず手動制御せざるをえない箇所を世界で初めて35日間連続で制御することに成功<sup>※4</sup>したFKDPPと、低遅延、同時多数接続が可能などの特長を持つ5Gおよびクラウドは、産業における自律化を進めるうえで中核技術となるものです。



<実証実験のイメージ>

本実証実験では、横河電機とドコモが2021年4月14日に報道発表した共同実証実験の合意に基づき、クラウドにFKDPPを搭載し、制御を検証するための装置である「三段水槽<sup>※5</sup>」を、5Gを介して制御できるかを

検証しました。目標水位を決めて、低速から高速の制御周期(どのくらいの頻度で制御を実行するか)での実験を行い、通信遅延が FKDPP による制御に与える影響を調査しました。結論として、特に高速の制御において 5G は 4G と比較して(1)通信遅延が小さいこと、(2)目標水位に対しオーバーシュートが小さいこと、(3)0.2秒程度までの制御周期に対応しうることが確認できました。これは、5G がより良い制御を実現し、品質の安定や省エネルギーに寄与することを示しています。



＜5G・クラウド・AIを活用した産業における自律化のイメージ＞

横河電機は、2019年からIA2IA(Industrial Automation to Industrial Autonomy)「産業における自動化から自律化へ」を提唱しています。今後も、5Gのプラント制御への適用をはじめ、先進的な取り組みをドコモやお客様と行い、産業における自律化をリードしていきます。

ドコモは、5Gを介して多種多様な自治体・企業のお客様のご要望に応えられるように、ネットワーク技術を進化させ、お客様の要望に応じたネットワークを作り、5Gに適したソリューションのご提供を進めています。

両社は、産業において5G活用を促進する5G-ACIA(5G Alliance for Connected Industries and Automation)に加盟しており、プラントにおける5Gの有効利用について今後も検討し、活用を促進していきます。また、さまざまなお客様のプラントにおいての実証も視野に、長期間稼働させた際の通信の信頼性や遅延の変化などを確認していくことで、5Gを活用したAI自律制御の実現に取り組んでいきます。なお、両社は5G-ACIAとして、本実証実験の結果を、2022年5月30日(月)から2022年6月2日(木)までドイツで開催される、製造業のための国際展示会「ハノーバーメッセ2022<sup>※6</sup>」に出展します。

※1 Factorial Kernel Dynamic Policy Programming(FKDPP):強化学習技術を使ったAIアルゴリズム。「品質と省エネの両立」のように相互干渉する目標など、既存の制御手法(PID制御・APC)では自動化できなかったものを含め制御全般に適用できる利点があります。詳細は別紙参照。

- ※2 PID 制御:Proportional-Integral-Derivative Control を日本語にしたもので、P は比例、I は積分、D は微分を意味します。1922 年に Nicolas Minorsky が発表したプロセス産業の基盤制御技術です。量、温度、レベル、圧力、成分などの制御に使われます。現在の値と設定値との偏差に応じた P・I・D 各計算結果を使いながら、「目標値」に向けて制御するものです。計算式の特徴から、設定値を上回ってしまうオーバーシュートという状態になることがあり、一方でオーバーシュートを避けると整定までに時間がかかるという課題がありました。
- ※3 APC:高度制御(Advanced Process Control)のこと。プロセスの応答を予測できる数学的なモデルを用いて、生産性や品質をより向上させるための設定値をリアルタイムに PID 制御ループに与えるもので、制御性を向上させるだけでなく、増産や省力化、省エネルギーを目的とした制御にも適用しやすい特徴があります。高度制御を導入すると、データのばらつきが小さくなり、運転限界(最もパフォーマンスが発揮できる状態)に近づけることが可能になります。しかしながら、突沸などの化学反応や、材料組成の大きな変化、設備自体の変化などには対応が難しいという制約がありました。
- ※4 横河電機/JSR 世界初 AI による自律制御で化学プラントを 35 日間連続制御  
<https://www.yokogawa.co.jp/news/press-releases/2022/2022-03-22-ja/>
- ※5 三段水槽:段状に水槽が設置され、水が上段の水槽から下段の水槽に順に流れていく中で下段の水槽の水位制御を行うことを目的とした、制御トレーニング実験装置の一種です。
- ※6 ハノーバーメッセ:世界最大級の製造業のための国際展示会。約 6,500 社が出展し 22 万人が来場。(2019 年度実績)  
<https://www.hannovermesse.de/en/>
- \* 本文中および別紙で使用されている会社名、団体名、商品名、サービス名およびロゴなどは、横河電機株式会社、株式会社 NTT ドコモ、各社および各団体の登録商標または商標です。

本件に関する報道機関からのお問い合わせ先

<p>横河電機株式会社            コミュニケーション統括センター広報課 西村            E-mail: Yokogawa-pr@cs.jp.yokogawa.com</p>	<p>株式会社 NTT ドコモ            5G・IoT ビジネス部            ネットワークソリューション担当            E-mail: 5g-nw-collabo-ml@nttdocomo.com</p>
--	--

## 実証実験の概要

### 1. 実証実験の目的

クラウド上に設置した自律制御 AI が 5G 経由で制御できる範囲を確認する。

この確認のために、4G と 5G における通信時の制御性能の比較(通信遅延の影響)や、スループット(単位時間あたりに送受信できるデータ量)の違いによる制御性能の比較などを実施する。

### 2. 内容

制御対象	「三段水槽」の水位
制御した AI	自律制御 AI(アルゴリズム FKDPP)
活用した技術	横河電機: ・ [エッジ端末] e-RT3 Plus ・ [制御 AI を動作させたクラウド] 産業用クラウドアプリケーション Yokogawa Cloud ドコモ: ・ 5G(パブリック)/4G(LTE) ・ 5G/4G (LTE)ルータ(SH-52A)
制御方法	・ 自律制御 AI をクラウド上に置く。 ・ エッジ端末が三段水槽の各センサー値を取得し、それらのセンサー値をクラウド上の自律制御 AI に無線通信を介して送る。 ・ クラウド上の自律制御 AI が、各センサー値から三段水槽の状態を判断し、最適なバルブの操作量を決定する。 ・ 決定されたバルブの操作量をクラウドからエッジ端末に無線通信を介して送り、エッジ端末がバルブの操作量を三段水槽のバルブに伝達する。 ・ バルブは操作量に従い、動作する。 ※目標水位を調整することなどから、低速制御～高速制御の環境を再現した。
実証実験の期間	2021 年 4 月 14 日～2022 年 4 月 26 日

### 3. 各社の役割

横河電機	・ クラウド上の自律制御 AI が三段水槽をリモート制御するデモ環境の構築 ・ 4G (LTE)と 5G の通信性能の比較や、通信遅延によるリモート制御への影響の評価
ドコモ	・ 4G (LTE)と 5G の通信環境の提供 ・ 制御における通信環境の検証・最適化

### 4. 結果

特に高速の制御において 5G は 4G と比較して、(1)通信遅延が小さいこと、(2)目標水位に対しオーバーシュートが小さいこと、(3)0.2 秒程度までの制御周期に対応しうることが確認できました。これは、5G がより良い制御を実現し、品質の安定や省エネルギーに寄与することを示しています。

## 5. 自律制御 AI(アルゴリズム FKDPP)について

このたびの実証実験で使用した AI は、2018 年に横河電機と奈良先端科学技術大学院大学 (NAIST) が共同開発し、IEEE 国際学会で「プラントへ活用可能な強化学習技術<sup>※1</sup>」として世界で初めて認められた FKDPP (Factorial Kernel Dynamic Policy Programming) というアルゴリズムです。FKDPP には、主に以下の利点があります。

- (1) 「品質と省エネの両立」のように相互干渉する目標など、既存の制御手法 (PID 制御・APC) では自動化できなかったものを含め制御全般に適用できる。
- (2) 生産性を高められる (品質、省エネ、収量、整定時間の短縮)。
- (3) シンプル (少ない学習回数、ラベル付けしたデータの読み込みは不要)。
- (4) AI の動き方が説明できる。
- (5) 従来通りの安全 (ロバスト性の高さ、統合生産制御システムと統合できる)。

横河電機は、2020 年 4 月にプラント全体を対象にしたシミュレータ上での AI による自律制御の可能性を確認<sup>※2</sup>し、同年、一般社団法人 日本電気計測器工業会 (JEMIMA) が主催した計測展 2020 OSAKA において本 AI が三段水槽を自律制御する様子を公開しました。三段水槽の制御自体は従来の制御技術である PID 制御でも行えますが、FKDPP を使うことによってオーバーシュートを防ぎながら整定時間を従来の 50~30% に短縮できることを証明しました。また、2022 年 2 月には世界で初めて実際の化学プラントを 35 日間連続で制御することに成功しています。

※1 Factorial Kernel Dynamic Policy Programming for Vinyl Acetate Monomer Plant Model Control (2018 年 8 月)

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8560593/> なお、IEEE (アイ・トリプル・イー、Institute of Electrical and Electronics Engineers) は、アメリカ合衆国に本部を置く電気・情報工学分野の学術研究団体 (学会)、技術標準化機関。世界 160 か国以上、40 万人を超える会員がいます。

※2 Scalable Reinforcement Learning for Plant-wide Control of Vinyl Acetate Monomer Process, Control Engineering Practice, Volume 97 (2020 年 4 月) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066120300186>

## 各社からのコメント

### 横河電機 執行役員 横河プロダクト本部長 長谷川 健司

当社の自律制御 AI はプロセス産業だけでなく、ファクトリーオートメーションの一部(加熱工程など)にも活用できるものです。既存の制御技術が適用できない箇所に使えるほか、従来の制御技術と比較して、オーバーシュートを防ぎつつ整定時間を短くできるという特長があり、お客さまの生産性を向上させ、ひいては持続可能な社会の実現にも大きく貢献できます。将来的には、クラウド上の自律制御 AI に、生産、在庫、販売需要などさまざまな情報を連携させることで、経営の意思と、現場の制御を連動させた操業を支援することが可能となります。これまでもプラントにおいて無線通信は使用されていますが、自律制御 AI そのものをクラウドに配置し、5G を介して制御を行うことは革新的な取り組みです。このような先進的な取り組みをドコモやお客さまと行うことで、産業における自律化をリードしていきます。

### ドコモ 執行役員 5G・IoT ビジネス部長 坪谷 寿一

ドコモは、最先端技術を組み合わせさまざまなモバイルソリューションの提案を通し、産業分野の高度化支援を推進しております。この度の実証により、5G の低遅延通信の活用がプラントのリモート制御における精度向上に資することが示されました。プロセス産業をはじめとした製造現場の持続可能な生産性向上に大きく寄与するものと期待しています。弊社は今後も、横河電機、パートナー企業の皆さまとともに多くのプロセス産業の現場に、5G をはじめとするモバイル通信環境を整備し、産業現場における課題の解決、新しい価値の創出に努めてまいります。

### 会社概要

横河電機株式会社

創立: 1915 年 9 月

代表取締役社長: 奈良 寿

主な事業内容: 産業向け制御・計測機器等の製造、販売、保守サービスなど

所在地: 〒180-8750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 32 号

ホームページ: <https://www.yokogawa.co.jp/>

株式会社 NTT ドコモ

営業開始: 1992 年 7 月

代表取締役社長: 井伊 基之

主な事業内容: 通信事業・スマートライフ事業・その他の事業

所在地: 〒100-6150 東京都千代田区永田町 2 丁目 11 番 1 号 山王パークタワー

ホームページ: <https://www.docomo.ne.jp/>