

社会インフラを支える 情報制御システムとコンポーネント技術

入江 直彦
Irie Naohiko

志村 明俊
Shimura Akitoshi

小泉 稔
Koizumi Minoru

武澤 隆之
Takezawa Takayuki

社会インフラを取り巻く課題

人口増加、都市化の進展、環境問題への対応など、社会インフラに対する課題は年々拡大している。国際連合の推計によると、2030年には世界全体の人口が83億人に達し、そのうち60%が都市に集中すると予想されている。これを支えるためには、電力やガスなどのエネルギー、道路や鉄道などの交通、上下水道といった社会インフラの整備が必要である。一方で、社会インフラの拡大は、環境破壊や温暖化など地球環境への負荷の増大を招くため、これに起因する社会コストを低減することが可能な、効率的な社会インフラの構築・運営が必要である。こういった背景の下、社会インフラ全体への投資額は、2010年の約2兆ドルが2020年には約1.5倍に拡大すると予想されている（図1参照）。

(a) Industrie 4.0

ドイツ政府が第四次産業革命と位置づけて推進している高度技術戦略。M2M (Machine to Machine)、ビッグデータ活用、生産システムと業務システムとの連携など、ICT (Information and Communication Technology) を駆使して物流も含めた広域な製造工程全体のスマート化をめざしている。

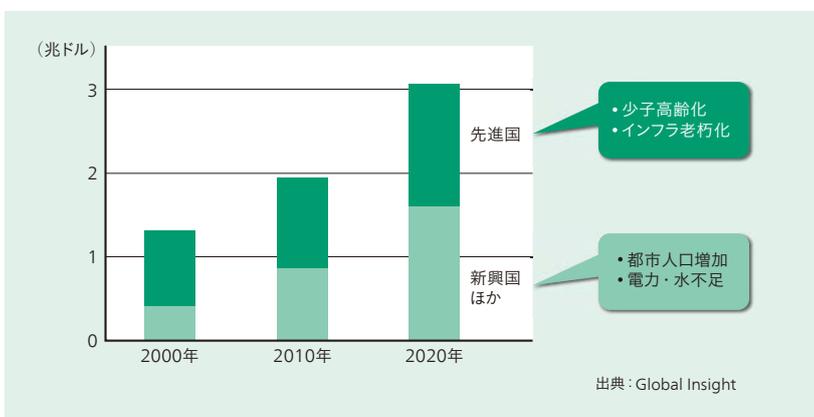


図1 | 世界のインフラ投資予測

新興国を中心に社会インフラへの投資が拡大し、2010年から2020年にかけて約1.5倍に増加すると予想されている。

新興国においては、人口増加、工業化の進展、都市への人口集中に合わせたインフラの新規構築が進むと見込まれている。例えば、エネルギー分野においては、LNG (Liquefied Natural Gas)・石油生成・ガス化学設備・資源開発・電力システムへのニーズが拡大する¹⁾。ほかにも渋滞緩和のための交通システム整備、水不足の緩和や衛生問題の解決のための上下水道システム整備などが求められている。こういった急速なインフラの整備に対して、投資コストおよび運用コストの低減、環境との調和などが社会全体としての課題となる。

先進国においては、環境問題に対する意識の高まり、インフラ老朽化、少子高齢化といった社会問題への対応が必要となる。エネルギー分野では、再生可能エネルギーを活用した発電・供給が年に約8%の伸び率で伸張すると予想されており¹⁾、これに向けた安定な電力網の構築や柔軟な料金体系の構築・運用が課題となる。また、交通分野では安定した輸送サービスのほか、交通系IC (Integrated Circuit) カードなどのデータを活用した効率的な人流/物流の実現が重要となる。産業分野では、ドイツにおける Industrie 4.0^(a) 2)でも提言されているように、情報活用による生産の効率化、グローバルサプライチェーンを含めた流通の最適化が求められる。国内においても、東日本大震災を教訓とする国土強靱 (じん) 化計画、2020年東京オリンピック・パラリンピックの開催決定などを契機と

し、老朽化したインフラの更新が実施される予定であるが、財政とのバランスを鑑みた効率的な更新・運用が求められる。

本特集では、これらの動向を踏まえ、社会インフラにおける価値の提言、価値実現に向けた情報制御プラットフォームおよびコンポーネント技術と、エネルギー、交通、水環境、産業など各分野における先進的な社会インフラ構築の取り組みを紹介する。

日立がめざす社会インフラシステム

日立は、これまで国内を中心に高信頼・高品質・大規模システムを支えてきた豊富な経験とシステム構築技術を持つ。こういった実績に加え、最先端の情報技術（IT: Information Technology）を活用することにより、社会インフラに関する課題をグローバルに解決し、新しい価値を提供していく。このために2014年度から、インフラシステムに関する事業ドメインを都市・エネルギー、水環境、産業プラント、コンポーネントに再編し、社会的課題に対してワンストップで対応できる体制とした。

上述の分野に代表される社会インフラシステムには、インフラそのものを利用するエンドユーザー、インフラを構築・運営・保守する事業者、管理監督する行政など、さまざまなステークホルダーが存在する。今後、日立はこういったステークホルダーに対する社会インフラの価値として、Smart & Smooth, Sustainable Growth, Security & Resiliencyという3つの価値を提供していく（図2参照）。それぞれの内容は、以下のとおりである。

(1) Smart & Smooth: 「ムリ・ムダ・ムラ」の削減³⁾

ITを活用して社会インフラを効率よく制御することにより、エネルギー利用効率の向上や渋滞の解消などを実現し、環境負荷など社会全体におけるコストを低減するとともに、エンドユーザーの利便性を向上させる。また、運用時のデータを解析し、最適な運用や保守を行うことで、事業者にとってのトータルライフサイクルコストを

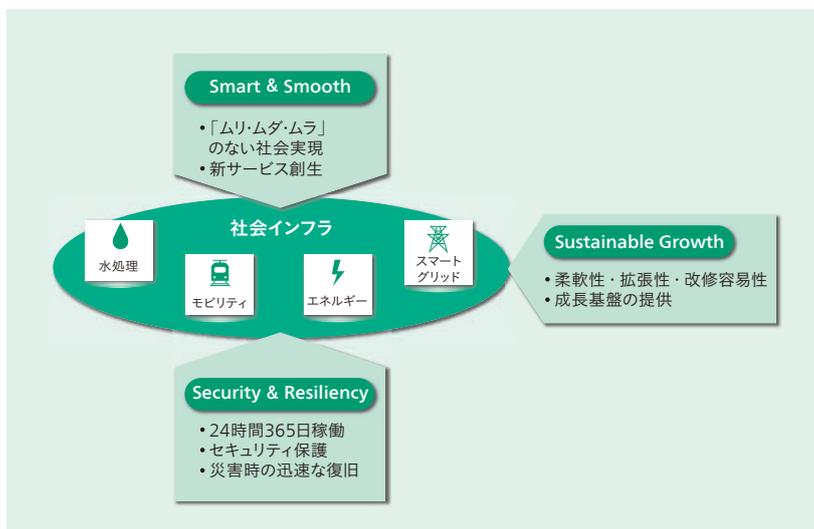


図2 | 日立がめざす社会インフラへの提供価値

Smart & Smooth, Sustainable Growth, Security & Resiliencyの提供をめざす。

低減する。さらに、エンドユーザーにとっての社会インフラの利便性を高める新たなサービスを提供する。

(2) Sustainable Growth: 持続成長可能な社会インフラ

数十年以上という長期にわたって維持されるべき社会インフラでは、構築時に予測できない社会環境の変化にも対応できる柔軟性・拡張性・改修容易性が求められる。また、都市の発展に伴う規模の拡大とともに、エンドユーザーや事業者にとっての資本価値を増大させる成長の基盤を提供する。

(3) Security & Resiliency: 安心・安全性と耐障害性の確保

24時間365日稼働を支える高信頼性は当然として、近年、制御システムにおいても問題となっているセキュリティやプライバシーを保護する必要がある。さらに、故障や災害など不測の事態によって大規模な障害が発生した場合でも、最低限の機能を提供し、かつ迅速な復旧を可能とするResiliency (レジリエンシー) を実現する。

社会インフラの新たな価値を提供する情報制御基盤

社会インフラは、エネルギー、交通、水環境、産業分野などにおける現場機器、これらを制御するための情報制御基盤、および経営的観点から運用・管理するための情報基盤から構成される。日立では、Smart

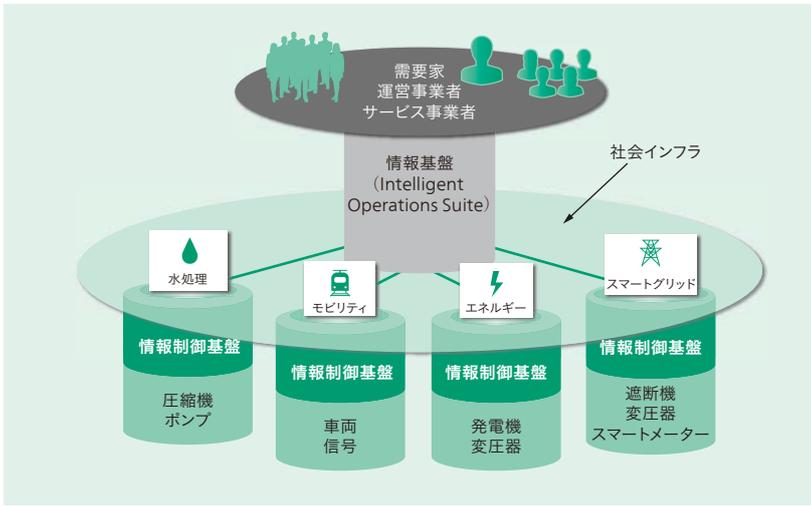


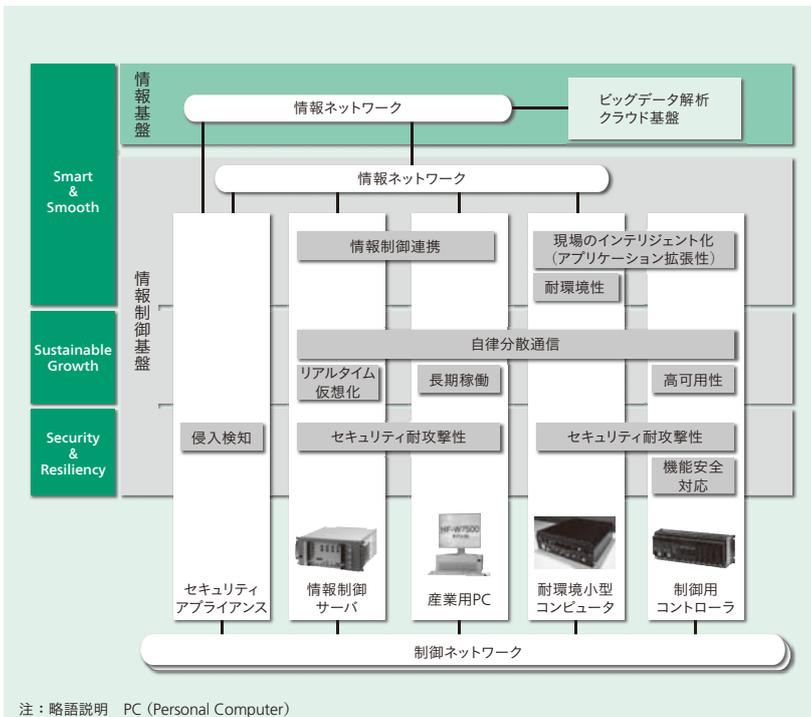
図3 | 社会インフラを支える基盤

社会インフラと需要家や事業者をつなぐ情報基盤と、主機群、およびこれらを制御する情報制御基盤によって社会インフラを支える。

& Smooth, Sustainable Growth, Security & Resiliencyという社会インフラの価値を実現するために、それぞれの基盤に対して必要となる機能を提供する(図3参照)。

情報基盤

情報基盤は、Smart & Smooth実現のための重要な役割を果たす。具体的には、制御システムによって生成されるセンサー情報や稼働情報などを収集・蓄積し、ビッグ



注：略語説明 PC (Personal Computer)

図4 | 情報制御基盤の概要

3つの提供価値を、情報制御基盤における情報制御サーバ、制御用コントローラなどのコンポーネントに実装された特長技術によって支援する。

データ解析、モデル化、シミュレーション技術を駆使して分析・予測することで、制御システムの最適運用計画の立案や新サービス創生を支援する。日立が提供する情報基盤は、Intelligent Operations Suiteと呼ばれるIT基盤群、各種業種向けパーティカルサービス、上流コンサルティングで構成される。IT基盤群は、これまで金融、公共、産業分野などで培ってきたビッグデータ利活用、高信頼クラウド、セキュリティ基盤で構成される⁴⁾。

情報制御基盤

情報制御基盤は、情報制御サーバや制御用コントローラなどのコンポーネント群を有機的に組み合わせた情報制御システムによって実現される。それぞれのコンポーネントに実装された特長技術により、前章で述べた社会インフラの価値提供を支援する(図4参照)。

この基盤における最新の取り組みについては、本誌p. 61を参照されたい。

(1) Smart & Smooth

Smart & Smooth実現のためには、制御システムと情報基盤との連携が重要となる。これに対し、日立は、制御システムに必要なリアルタイム性や高信頼性を確保しつつ、情報基盤からの柔軟なデータ収集に対応するための機能を提供している。

また、社会インフラにおいて新たなサービスを創出するには、情報基盤で得られた結果を現場にフィードバックするためのインテリジェンス強化が求められる。スマートグリッドにおける屋外電力監視制御装置がその例である。こういったニーズに対応するために、アプリケーションの拡張性を備えつつ、設置環境の厳しい現場でも長期稼働可能な耐環境小型コンピュータを開発している。

(2) Sustainable Growth

社会インフラにおけるSustainable Growthに対応するために、日立は自律分散コンセプトを1977年に提唱し、拡張性に優れた制御システムの構築に取り組んできた。情報制御基盤としては、自律分散通信ミドル

ウェア NX Dlinkを情報制御サーバや制御用コントローラ向けに提供し、自律分散コンセプトに基づくシステム構築を支援している。自律分散通信方式については、**ISO 15745^(b)**など国際標準化を進め、他社システムとのインターオペラビリティを強化している。

Sustainable Growth実現のためには、情報制御基盤における各コンポーネントそのものの長期運用性も求められる。一方で、プロセッサやマイコンなどハードウェアのコモディティ化が進むとともに、ソフトウェアやサービスにおける技術革新の速度は年々増しており、長期稼働との両立が課題となる。そこで、情報制御サーバにおいて仮想化技術を導入し、稼働実績のあるOS (Operating System) およびアプリケーションの長期運用を図っている。仮想化機構は情報系システムでは一般的になっているが、情報制御サーバへの適用に際しては、リアルタイム性、高可用性、現地保守容易性といった制御システムに対する要件との両立を図っている。

(3) Security & Resiliency

社会システムにおけるSmart & Smooth実現のためには、情報基盤との連携が必要であるが、一方でそれによるセキュリティ脆弱(ぜい)弱性増加が懸念される。さらに**Stuxnet^(c)**など制御システムそのものに対するセキュリティ攻撃リスクも高まっており、情報制御基盤に対するサイバーセキュリティ強化が必須となってきている。国際的に見ても、IEC 62443など制御装置およびシステムに対するセキュリティ規格の制定が進んでおり、こういった規格に準拠したプラットフォームの提供が必要となっている。日立は、技術研究組合制御システムセキュリティセンターに設立当初から参画し、制御システムにおけるセキュリティ強化策の共同研究やセキュリティ演習の実施などに取り組んでいる。

制御システムのセキュリティ強度向上のためには、まず各コンポーネントの耐攻撃性を上げる必要がある。そこで、制御装置向けセキュリティ認証の1つである

ISASecure^(*) EDSA (Embedded Device Security Assurance)認証スキームに着目し、こういった国際標準に準拠した制御用コントローラの開発を進めている。さらに、システムレベルでのセキュリティ状態を維持するためには、不正な接続・アクセスや侵入を検知する必要がある。日立は、不正なネットワーク接続を検知するNX NetMonitorを製品化している。今後、さまざまな状況を考慮した侵入検知を行うためのアプリケーション製品を提供するとともに、情報システムで培ってきたセキュリティ監視サービスとの連携により、より強固なセキュリティシステムの構築を図る。

社会システムにおいて不測の事態に対応するResiliencyを提供するためには、情報制御基盤として機能安全への対応が必要である。日立は、機能安全規格IEC 61508に準拠した機能安全コントローラR800FS/HSC800FSを開発・提供している。このコントローラは、安全保護をつかさどる機能安全プログラムと汎用制御系や情報処理を行う一般プログラムの双方を搭載することができ、相互に補完しながら柔軟性の高い制御機能を実現することができる。また、故障発生時においても単に制御出力を停止させるだけではなく、安全な制御継続を可能とする機構を備えており、制御システムのResiliency向上に貢献している。

先進的な社会インフラ構築に向けた取り組み

上述した社会インフラにおける3つの提供価値を実現する日立の先進的なシステム構築の取り組みに関し、エネルギー、交通、都市、水環境、産業のそれぞれの分野に関して紹介する。

Smart & Smooth

(1) 島嶼(しょ)域スマートグリッドモデル

米国ハワイ州での再生可能エネルギー(RE: Renewable Energy)の活用促進に向け、独立行政法人新エネルギー・産業技術

(b) ISO 15745

FA (Factory Automation) 用ネットワークの国際標準規格。ネットワークに接続される機器のアプリケーションフレームワークとして、仕様を統一的に記述するルールを定めている。

(c) Stuxnet

標的型攻撃を行うマルウェアの通称。産業用機器の制御システムを攻撃対象とし、イランの原子力施設の制御システムに対する攻撃を行ったことで知られている。インターネット経由だけでなく、USB (Universal Serial Bus) フラッシュメモリなどを通じても感染することから、スタンドアロンのネットワークにも侵入可能であることが脅威となっている。

(*) ISASecureは、ASCIの商標である。

総合開発機構 (NEDO) 主導の下、マウイ島におけるスマートグリッド実証事業を推進している。REの出力変動に伴う周波数変動問題などを解決するために、EV (Electric Vehicle) の充電制御を導入し、2013年12月にシステム運用を開始した。将来的にはEVを分散型発電システムとして見立てた**Virtual Power Plant**^(d)に拡張していく予定である (本誌p. 24参照)。

(d) Virtual Power Plant

略称VPP。米国で実用化が進められている、分散電源をネットワーク化するシステム。電力会社の発電所だけでなく、企業の自家発電、家庭用の再生可能エネルギー、EVの蓄電池など、複数の分散電源を通信ネットワークで統合制御・管理するシステム。

(2) 太陽光利用スマートグリッド実証

太陽光発電の大量導入時においては、電力品質維持、既存設備の高効率運用、発電出力予測と蓄電池の有効利用などが重要となる。日立は、九州電力株式会社との共同研究に参画し、2013年3月からスマートグリッド実証試験設備を用いて電力制御技術の開発・検証を行っている。需給制御に関しては、地域統合と地域個別の需給計画の連携、およびこれに基づいた蓄電池最適制御手法を検証する。電圧安定制御に関しては、模擬負荷装置によって系統負荷変動を発生させたときの配電線電圧・電流などのデータを収集分析し、配電系統における電圧管理の課題抽出、最適電圧制御手法の検証を行う (本誌p. 28参照)。

(3) マンション向けエネルギー管理システム

東日本大震災以降、国内では、省エネルギー・節電や電力需給逼迫 (ひっ) 迫時におけるエネルギー確保の必要性から、各電力需要家へのEMS (Energy Management System : エネルギー管理システム) の導入が進められている。しかし、小口需要家や低圧需要家へのEMS導入は、経済的な効果が生まれにくいと、普及課題の1つとなっている。日立は、小口かつ低圧需要家であるマンションの各住戸をまとめて管理するMEMS (Mansion Energy Management System : マンション向けエネルギー管理システム)を開発した。電力使用の見える化、機器・設備の遠隔制御、電力需要逼迫時の情報発信などを実現し、マンションの省エネルギー・節電促進に取り組んでいる (本誌p. 37参照)。

(4) 再生可能エネルギー対応パワーコンディショナー

太陽光や風力といった再生可能エネルギーの導入に伴う電力系統の不安定現象が指摘されている。不安定現象は大きく2点あり、系統事故時のパワーコンディショナー一斉脱落による系統不安定現象と、天候の変化による発電電力の変動に起因する、電力系統の電圧と周波数の変動である。日立は、こういった問題に対応するパワーコンディショナーと、これを用いた制御技術を開発している (本誌p. 33参照)。

(5) 映像監視システム

デジタル化および広帯域ネットワークの普及により、映像監視は従来の防犯目的にとどまらず、遠隔監視による現地状況の把握、画像の解析・活用による顧客の業務・管理支援など、ビジネスへの活用ニーズが高まっている。日立は、映像監視ソリューションVisionNetを提供しており、将来的には、高精細画像伝送や画像補正を活用した画像解析技術により、顧客業務支援・設備稼働監視のクラウドサービスを展開する予定である (本誌p. 57参照)。

Sustainable Growth

(1) ATOS 中央線リニューアル

ATOS (Autonomous Decentralized Transport Operation Control System : 東京圏輸送管理システム) は、首都圏全体の最適な列車運行管理をめざし、1996年に運用を開始した。自律分散アーキテクチャを活用して順次対象線区を拡張し、現在では20線区、総延長約1,270 kmを包含している。近年、複数線区にまたがる列車運用の増加など、運用形態の変化への対応、ダイヤ乱れ時間の極小化、IT活用による乗客サービスの向上など、鉄道システムへのニーズが変化してきている。これらに対応するため、最適なシステム構成への刷新、最適な指令環境の提供、情報サービスの拡充、シームレスなシステム更新を図り、鉄道システムの持続的成長を支えている (本誌p. 41参照)。

(2) 上下水道の計画・運用・維持管理システム

上下水道は基本的な社会インフラであ

り、安全・安心・快適な利活用のみならず、運用の持続性、生物多様性も含めた水環境への配慮など、さまざまなニーズに応える必要がある。日立は特に、上下水道のライフサイクルに着目し、事業運営の広域化への対応、エネルギーと水環境に配慮した運用、維持管理・更新計画業務の支援に向け、情報制御システム技術を提供している（本誌p. 47参照）。

(3) 鉄鋼制御システム

鉄鋼制御システムは、多くのモータやドライブ、PLC (Programmable Logic Controller)、プロセスコンピュータなどで構成される大規模システムであり、高信頼性のみならず、電気・機械制御をリアルタイムで行うための高い応答性が要求される。加えて、設備稼働の高効率化、鋼板の高品質化の要求も高い。日立は、常に最新の計算機技術やITを導入し、制御技術やシステム技術の革新を進めることでこれに対応している。さらに、グローバル市場に向け、汎用技術導入を積極的に進めるとともに、操業支援技術や高付加価値アフターサービスを提供するための遠隔保守技術の開発を推進している（本誌p. 53参照）。

(Responsive), 協調性 (Cooperative) に着目し、防災、フィジカルセキュリティ、サイバーセキュリティの分野で、都市や企業に向けたソリューションを提供している。セキュリティに関する取り組み全般に関しては、本誌2014年3月号の「社会インフラセキュリティ」特集を参照されたい⁵⁾。

スマート社会、スマートインフラ実現に向けて

社会インフラの動向、日立の事業環境と提供価値、価値提供を支援する情報制御基盤の開発状況、および社会インフラの先進的な取り組みについて述べた。

現在の取り組みは、エネルギー、交通といった分野内における価値提供にとどまっているが、将来的にはそれらの分野をまたがる最適化を行い、都市、社会、さらには地球全体に対する価値提供を図る必要がある。そのためには、情報基盤、情報制御基盤のさらなる進化と、さまざまなステークホルダーを巻き込んだビジネスモデルの構築が求められる。

日立は、多様化する社会インフラのニーズに着実に応え、地球規模で生じるさまざまな課題の解決に貢献していく所存である。

Security & Resiliency

日立は、適応性 (Adaptive)、即応性

参考文献など

- 1) IEA (International Energy Agency) World Energy Outlook 2013 (2013.11)
<http://www.worldenergyoutlook.org>
- 2) S. Dais, et al.: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 (2013.4), National Academy of Science and Engineering, <http://www.acatech.de>
- 3) 谷, 外: 「スマート&スムーズ」な社会基盤を実現する情報・制御融合システム, 日立評論, 92, 8, 574~579 (2010.8)
- 4) 情報は資源になる—ビッグデータとクラウドを活用したIntelligent Operations—, 日立評論, 96, 1-2, 6~11 (2014.1-2)
- 5) 特集「社会インフラセキュリティ」, 日立評論, 96, 3 (2014.3)

執筆者紹介



入江 直彦
日立製作所 インフラシステム社 制御プラットフォーム開発本部 所属
現在、制御サーバを中心とした情報制御プラットフォームの開発に従事
博士 (工学)
情報処理学会会員



小泉 稔
日立製作所 横浜研究所 情報プラットフォーム研究センタ 所属
現在、情報制御システム・ネットワークの研究開発に従事
博士 (工学)
計測自動制御学会会員、電気学会会員、情報処理学会会員、電子情報通信学会会員



志村 明俊
日立製作所 横浜研究所 情報サービス研究センタ 社会インフラシステム研究部 所属
現在、鉄道システムを対象とした情報制御システムの研究開発に従事
博士 (工学)
計測自動制御学会会員



武澤 隆之
日立製作所 インフラシステム社 制御プラットフォーム開発本部 システム技術開発部 所属
現在、情報制御システム向けのミドルウェアの開発に従事