成果与展望

以 IoT 技术连接创造客户价值的强有力装置设备和系统，提供解决方案

近藤 史郎
富士电机株式会社 执行董事
技术开发本部长

1. 引言

富士电机追求能源环境技术的革新，以世界顶级水平的功率半导体技术为核心，运用该技术创造并提供富有特色的电力电子设备的装置设备。并且将这些装置设备与测量和控制技术结合起来，以期强化系统，与此同时，还运用物联网（IoT: Internet of Things）技术收集数据，利用最新的数理手法进行分析，从而为客户提供全新的价值。

富士电机提出“推进创造客户价值，扩大销售额和利润的高效率研究开发工作”作为研究开发方针之一，推进了研究开发改革。从 2017 年度开始，富士电机将产品开发功能集中到各事业本部的开发统括部门，技术开发本部则明确了同时负责通用基础技术和尖端技术的体制，完成了重组。此外，关于相当于阶段关卡的 DR（设计评审），作为上游流程的改革，构建了验证客户价值的机制，并创设了技术营销部门，进而提升了商品企划力。还推进了尖端技术与通用基础技术的强化工作，努力创造强有力装置设备与系统。

2. 运用创造客户价值的 IoT 技术，提供解决方案

IoT 是从现场收集和积累数据，在网络空间里创造全新价值的系统概念的总称。富士电机从供应商视角和用户视角这两方面推进对 IoT 的运用。在这 2 种视角中，前者把对 IoT 的运用定位为扩大事业和实现业务模式转换的手段，后者则定位为提升生产率和品质，削减成本等的手段。2017 年度，完成了轻松实现现场器件与分析和优化技术（分析、AI）结合的基础——IoT 平台的基本开发和云端迁移所需的开发工作。具体来说就是，开发了具备以通用云技术为基础可简单构建服务的接口功能、从现场设备收集数据并实施处理的边缘控制器与云端间的通信功能、安全功能，以及可实现数据诊断、分析、预测、优化的数理引擎的 IoT 平台（**图 1**）。在完善平台的同时，推进工厂内 IoT 的运用、在客户现场验证 IoT 解决方案效果的项目等，增加生产率提升、制造品质提升、运用和维护高效化、成套设备效率改善、工序品质可追溯性确保等用例。富士电机对 IoT 的运用，以“Small, Quick Start & Spiral-Up”为宗旨，很早便已经开始实施，目前正通过与客户间的合作，努力创造客户价值。

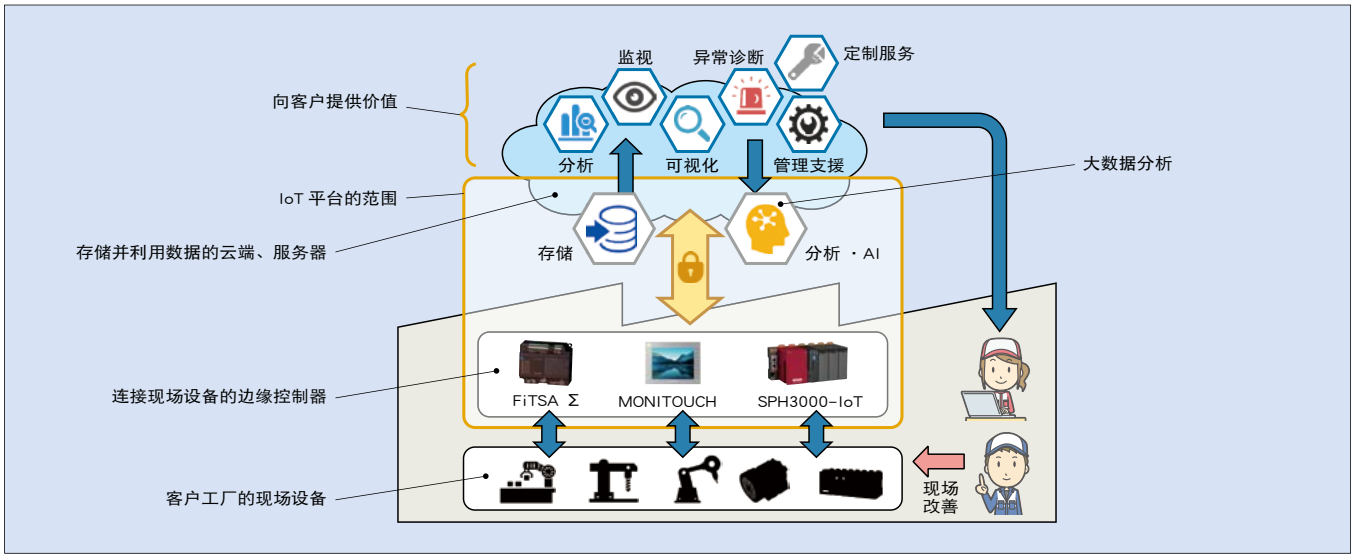

图 1　IoT 平台

3. 功率半导体技术和电力电子技术的相乘效果

富士电机面向电动化急速发展的汽车领域，推进开发车载用分立器件、车载用功率半导体模块、车载用密封型高压接触器（HVC）以及使用这些元件的车载用电力电子设备。车载用功率半导体模块不仅能减少半导体开关的损耗，其小型轻量、高电力密度的特性是重要的客户价值，因此，富士电机还开发了将二极管与 IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）结合在一块芯片上的 RC-IGBT（Reverse-Conducting IGBT：逆导型 IGBT），散热性能出色的轻量铝制水冷套一体结构的冷却器以及运用在内部配线中使用引线框架的封装技术的车载用大容量直接水冷 IGBT 模块（**图 2**）。凭借这些技术，作为 6 in 1 IGBT 模块，实现了大容量的额定 750 V/1200 A 规格的产品。

采用 SiC（碳化硅）开发出了 SBD（Schottky Barrier Diode），SiC 相较于传统的 Si 半导体，实现了可使开关频率达到较高区域的低损耗性能，并且在高温下也能运行，因此作为新一代半导体材料而备受关注。此外，还开发出了沟槽型栅结构的 SiC-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor），既拥有世界最高级别的性能，同时还保证了稳定性。在封装方面，使用铜针连接和树脂密封技术，采用了新的封装结构，开发出了 All-SiC 模块。这种新结构模块在降低内部电感的同时，还可在高温下运行，实现了 SiC 器件的高速运行和高可靠性。通过在新结构模块中搭载耐压 1200 V 的 SiC 沟槽型 MOSFET 芯片、额定容量为 1200 V/25～400 A 的 All-SiC 模块和新开发的耐压 1700 V 的 SiC 沟槽型 MOSFET 芯片，扩大了额定容量为 1700 V/ ～ 270 A 的 All-SiC 模块的系列阵容（**表 1**）。

作为使用这种 SiC-MOSFET 模块的电力电子设备，运用低损耗、发热少且可在高温下运行的特长，开发出了无冷却风扇、全封闭自冷结构的耐环境变频器“FRENIC-eFIT”（**图 3**）。有望扩大在腐蚀性气体中以及严酷环境下的用途。这类使用 SiC 的半导体模块，正逐步应用在附加价值备受期待的各类电力电子设备中。

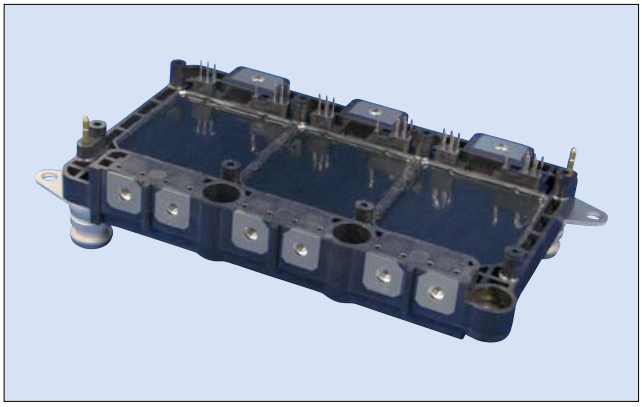

图 2　车载用大容量直接水冷 IGBT 模块

表 1　All-SiC 模块系列

封装		类型 1B	类型 2B	类型 3LB
外形尺寸（mm）		W62×D20×H12	W68×D26×H13	W126×D45×H13
额定电压	栅结构			
1200 V	沟槽	25 A、50 A	75 A、100 A	200 A、300 A、400 A
1700 V	沟槽	—	—	～ 270 A

图 3　耐环境变频器“FRENIC-eFIT”

4. 工业解决方案领域

在积极推进对于工厂自动化等的投资的背景下，工厂自动化（FA）领域持续获得了成长。富士电机为满足该领域中的客户要求，以电力电子技术、控制技术、测量仪器技术为核心，正积极开发强有力装置设备和系统。

制造出了产业用大中容量变频器“FRENIC4400VM6”、“FRENIC4800VM6”等，向日本国内的钢铁和有色金属制造商供货。这些产品不仅提升了基本性能，如扩大输出频率、增加和改善控制功能，还通过扩充用户支援功能提升了易用性。

另外，凭借从 2016 年度开始持续开发的伺服系统“ALPHA7”、运用了动作控制器“SPH3000D”等特色装置设备的动作控制技术，为需要精密控制的工厂自动化等做贡献。

作为这些技术的应用系统之一，面向汽车产业领域，开发出了应对 WLTP（小汽车等的国际协调尾气和油耗试验方法）的轮胎试验装置（**图 4**）。将驱动技术和精密的控制技术相组合，通过电气惯性控制，可实现从轻型汽车到 4t 卡车等级的各种模式的行驶负荷控制。

富士电机为实现数据收集部的小型化和低价格化，开发了在收集工厂等的加工设备的多项数据时，可集约各个周期的数据进行收集的设备信息收集系统“MICREX-

图 4　应对 WLTP 的轮胎试验装置

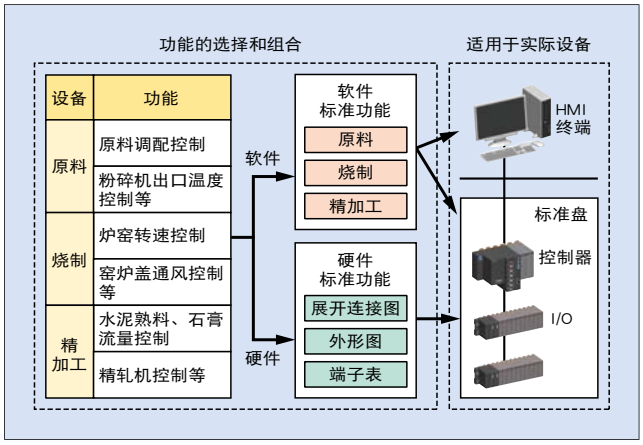

图 5　适用于水泥成套设备的监控系统软件包

OnePack[(1)]”，推进制造加工线的 IoT 化。

而在工艺自动化（PA）方面，富士电机以驱动控制技术、测量控制技术及工业电热技术等为核心，提供可实现生产设备稳定运行以及削减能源原单位的装置设备和系统。

为满足产品制造和操作的稳定化、监控简单化的需求，富士电机对“MICREX-VieW XX”进行了功能扩充。在钢铁、有色金属领域，利用这一系统，更新了用于钢铁成套设备的大规模监视控制系统。在水泥领域，开发出了将成套设备控制所需要的功能建立成平台、适用于水泥成套设备的监视控制系统的软件包（**图 5**）。使用该产品后，日本国内外的合作伙伴和用户的工程管理将会变得轻松。除此以外，还不断向食品领域、发电领域等交付各种监控系统。

5. 能源解决方案领域

在能源解决方案领域，富士电机以变电系统、受变电等大容量电力电子技术、能源监视控制技术为核心，在社会基础设施和产业领域，推出了开关装置、变压器、系统保护继电器、电力系统监视控制系统以及配电自动化系统等产品。并推进开发不间断电源装置（UPS）、设施用电源设备和数据中心的空调设备等。因信息通信系统的高度化和云端化而持续增长的数据中心用 UPS，除了高效化外，对供电可靠性的要求也在不断提高。为满足这些要求，富士电机面向北美开发出了适用模块控制的大容量 UPS“UPS7400WX-T3U”（**图 6**）。每个模块由 330 kVA 的容量构成，组合多个模块就能提升对容量的应对能力。并且，通过控制使各模块的分担电流形成高效率运行区，实现持续供电状态下的修复，从而能够灵活应对客户的设备。

可再生能源大量导入引发的系统问题其对策的重要性正在不断增加，在此背景下，富士电机还积极推进开发率先在欧美发展的智能变频器。富士电机开发出了凭借 IEC 61850 通信协议，可与附带系统支持功能的功率调节器（PCS）实现通信连接的通信终端（IED）。还开发出了用于验证智能变频器与分布式电源管理系统（DERMS）间根据 IEC 61850 通信协议实现的远程监视控制功能的功能验证用 DERMS，并为东京电力控股株式会社供货。这一产品在国立研究开发法人 新能源和产业技术综合开发机构（NEDO）的“电力系统输出变动应对技术研究开发事业”中推进了实证（**图 7**）。

作为有助于减少控制柜配线工时的无螺丝式新产品，富士电机开发出了塑壳式断路器和漏电断路器“GT-Λ”、交流接触器“SK”、热过载继电器“TK”、设备用断路器“CP30F”以及继电器、定时器插座的弹簧端子。在全部机种中都采用了只需插入就能完成配线的推入方式，并追求无需技能的使用便利性。还取得了 IEC 标准、UL 标准等主要

图 6　面向北美、适用模块控制的大容量 UPS “UPS7400WX-T3U”

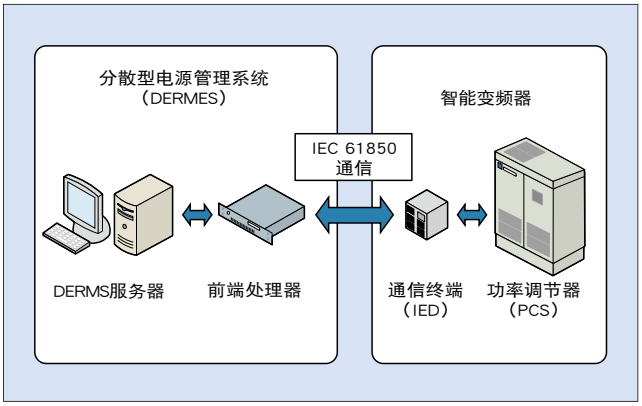

图 7　智能变频器的开发

图 8　推入式省工时设备

海外标准的认证（**图 8**）。

6. 发电领域

在发电领域，为实现低碳社会，富士电机将积极使用地热、太阳能、风力等可再生能源，此外，还将利用火力和燃料电池，以电力供应方面的综合技术为社会做贡献。

交付了九电未来能源株式会社通过建设综合承包工程（土木工程除外）协议订购的双循环发电设备（发电端输出 4990 kW），并于 2018 年 2 月 23 日开始运营（**图 9**）。过去未用于发电就被送回地下的热水，开始被有效用于发电。低沸点介质中采用了正戊烷。

图 9　双循环发电设备

图 10　固体氧化物型燃料电池（SOFC）系统

在太阳能发电领域，承接了 DC32.14 MW 太阳能发电设备的总承包工程，设备从 2018 年 5 月开始运营。

为实现高发电效率的固体氧化物型燃料电池（SOFC）系统，富士电机参与了 NEDO 项目，开发了 50 kW 级的实证设备，并完成了 3000 小时的运行评估（**图 10**）。

7. 食品流通领域

在食品流通领域，应用在纸杯式自动售货机方面培育的技术，开发了以海外市场为目标的正宗滴漏式咖啡机（**图 11**）。通过取得 UL 标准和 NSF 标准的认证，证明了高度的安全性，目前正积极将产品推广至美国、亚洲和中国等全球市场。

在日本国内，与朝日饮料株式会社共同开发了可销售冰点以下温度区饮料的自动售货机。该产品应用了“受到冲击后即被冷冻”的过冷却现象，因能够享受饮料在自己面前被冷冻的乐趣以及在口腔中扩散的刨冰般的口感等，从而能够从单纯地销售物品转变成发挥促进消费的作用。另外，为解决日本流通和零售行业人手不足的问题以及推进工作方式改革，富士电机将所擅长的 IoT、机电一体化（自动装置）、冷却加热技术结合起来，以便利性、省力化、节能为三个关键词，积极开发新产品和新服务。

8. 基础技术和前沿技术

富士电机积极开展为前述各项技术提供通用支持的基础技术以及着眼于未来的前沿技术的研究开发工作。在通用基础技术方面，正在开展与电磁、绝缘、EMC（Electromagnetic Compatibility）、热流体、机械、树脂及金属材料等基础技术相关的实验、评估和分析以及仿真；在前沿技术方面，正在从事关系到 SiC 未来的半导体材料的研究，同时还在开展对材料物性及劣化现象等进行预测的计算科学。

在材料技术方面，利用多相场法开发了预测地热汽轮机

图 11　面向海外市场的滴漏式咖啡机

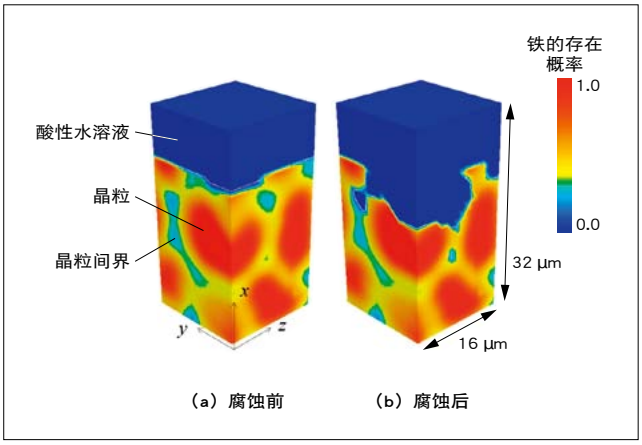

图 12　预测腐蚀进展状况的仿真技术

等的腐蚀进展状况的仿真技术（**图 12**）。该技术可以统一处理腐蚀液中的离子扩散和金属溶解，应对各种腐蚀环境和腐蚀模式，将被充分运用于产品设计和预测维护等用途。除了上述事例，富士电机还引进实验和计算科学，将其应用于固体绝缘、半导体界面的分析中。

为减少试制次数，富士电机正积极开发以模型为基础的设计技术，推进产品开发设计工艺的变革。凭借参数化 3D-CAD 的形状变更、分析设定的自动化等，确立了电力电子设备温度、噪音的多目标优化手法，确认了性能上的提升。今后将被应用于前期吃重的产品开发中。

作为热能源技术，为有效利用未被利用的低温排热，提供已经产品化的 120 ℃排热利用热泵无法达到的高温水蒸汽，富士电机开发了用同一台压缩机进行两阶段压缩的技术，目前正在开发高效率的 150 ℃高温蒸汽发生装置。

9. 后记

本文介绍了富士电机正在开展的几项技术的概要，包括：追求能源与环境技术的革新，旨在安全、安心、高效地利用电能的技术；有效利用热能、为节能做贡献的技术；对这些技术进行最优控制并通过 IoT 相连，进而提高附加值的解决方案技术。此外，富士电机还着手于新产品开发的工艺变革，推进构建研究开发机制，策划能为创造客户价值做出贡献的商品，并开展相应的研究开发工作。

今后也将如上所述，追求技术革新，向客户提供高附加值、对环境友好的产品和系统，为实现安全、安心的可持续发展社会做贡献。

参考文献

(1)　藤川泰孝等. 利用 IoT 技术和动作控制技术的 FA 解决方案. 富士电机技术期刊. 2018，vol.C10，no.2，p.62-66.

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。