

日本超级计算机“富岳” 强在易用性和通用性

■文 / 王玲（中国科学技术信息研究所政策与战略研究中心）

随着数字社会的到来，超级计算机作为不可或缺的研究基础设施和引导未来发展的科技力量，成为美国、中国、日本等世界主要国家激烈角逐的对象。2020年11月17日，日本《产经新闻》报道称，日本理化学研究所（RIKEN）与富士通公司联合研发的超级计算机“富岳”在“TOP500”“HPCG”“HPL-AI”“Graph500”四项世界超级计算机排名评比中均再次获得“世界第一”，成为连续两期获得“四项冠军”的全球首台超级计算机，也是日本自国产超级计算机“京”以来时隔8年半重新夺回世界第一的宝座。从演算速度来看，“富岳”达到每秒44.2京次（1京次=1亿亿次=10¹⁶次），约是排名世界第二的美国橡树岭国家实验室超级计算机“Summit”

演算速度的3倍以及中国超级计算机“神威太湖之光”演算速度的4.75倍。

一、“富岳”的研发设计注重易用性和通用性

除演算速度快之外，“富岳”的最大优势在于其易用性和通用性，全球企业和研究人员开发的很多软件无需费力调整就能在“富岳”上使用。这是日本政府、理化学研究所以及富士通公司反思其上一代国产超级计算机“京”的商用化未取得进展加以改进的结果。“富岳”是全球首度夺冠的ARM架构超级计算机，搭载了富士通公司开发的高性能CPU——48核心“A64FX™”，与以往超级计算机大多采用的Intel或AMD的x86、x64主流平台不同，具有通用性，可以支持广泛的软

件，还可以实现超并行、超低功耗以及主机架级的高可靠性。富岳共有158,976个节点，利用高效通信的网络加以连接，峰值性能可达每秒100京次，最大应用实效性性能是“京”的100倍。富士通公司从2014年开始与日本理化学研究所进行协作设计，修改了CPU的基本设计，采用了智能手机CPU广泛使用的英国ARM基本设计参数，操作系统采用了美国红帽（Red Hat）公司开发的Linux，提高了“富岳”的兼容性。因此，“富岳”在每秒演算速度、产业软件处理速度、大数据解析速度、人工智能学习数据速度四个指标上都遥遥领先于世界上现有的其他超级计算机。日本研究人员利用“富岳”可在数天内完成“京”花费1年左右时间开展的实验，可在1周内尝试数万种物质。在硬

件开发、制造和软件开发方面，富士通公司与开源社区合作开发ARM生态系统，在“富岳”中灵活运用开源软件，并积极推广应用“富岳”取得的成果。

二、“富岳”致力于成为世界最高水平的通用系统

日本政府之所以着手推动研发“富岳”作为“京”（2019年结束运行）的后续机型，是因为“京”的CPU和操作系统存在缺陷，导致用户在使用“京”时，需要花功夫自己更换或者重新开发操作系统，操作便利性低于用户预期。2014年，日本理化学研究所开始进行“富岳”的基础设计和研发。目前，“富岳”处于试运营阶段，预计2021年正式投入使用。

“富岳”是“富士山”的别称，日本意在用富士山的高度和辽阔来表示其新一代超级计算机的性能之高和应用领域之广。“富岳”现被安置在日本理化学研究所计算科学研究中心（位于兵库县神户市），总开发费用约1300亿日元（约合84.5亿元人民币），耗电量为30兆至40兆瓦。日本政府希望充分利用“京”积累的技术、人力资源和应用程序，把“富岳”建成世界最高水平的通用系统，用以解决各种社会和科学问题，并利用这一技术优势，战略性地开展国际合作，实现世界上最先进的国际标准技术。富士通公司希望利用“富岳”开发培育的技术，实现其商用超级计算机的产品化。

三、“富岳”应用前景广阔

“富岳”的先进性能备受世界瞩目和期待，有望成为日本解决各种社会和科学问题的先进研发基础以及支撑日本实现未来“超智能社会”愿景的重要基础，在日本建设健康长寿社会、发展基础科学、应对防灾环保挑战、强化产业竞争力、解决能源问题、进行核试验模拟等方面都会发挥重要作用。日本理化学研究所在“富岳”正式投入使用之前，就与文部科学省合作，利用“富岳”为医疗、减灾等领域的研发活动提供技术支持，特别是在应对新冠疫情过程中，日本优先试用“富岳”开展相关研究，如探明新冠病毒性质、寻找可作为新冠病毒治疗药的物质、改善新型冠状病毒诊断方法和治疗方法、弄清新冠病毒的传染方式及其对社会经济的影响，其研究成果将向日本国内外广泛公开（参见表1）。2020年夏天，日本理化学研究所利用“富岳”筛选出日本现存的100多种可用于新冠病毒

治疗的药物，为应对新冠疫情做出贡献。此外，日本理化学研究所和京都工艺纤维大学等组成的研究团队使用“富岳”模拟了说话和打喷嚏时飞沫扩散过程，为新冠疫情防控研究发挥了作用。

为了尽早利用“富岳”的计算资源取得研究成果，日本文部科学省专门设立了《超级计算机“富岳”成果创造加速计划》，在挑战人类普遍问题及未来拓展、大力保障国民生命财产、强化产业竞争力、夯实研究基础四个领域遴选出19项课题予以资助（参见表2）。这些课题可以优先免费试用“富岳”的计算资源。日本国内超级计算机市场规模预计每年可达上千亿日元。日本致力于拓展全球市场，把“富岳”的价值推广至全世界。

有媒体分析指出，“富岳”能在2020年的排行榜上摘得桂冠，是因为超级计算机正迎来升级换代时期，“富岳”在中美两国超级计算机开发空档时期率先投入运行，其演算速度再次被中美超级计算机反超只是时间问

表1 “富岳”参与的应对新冠疫情相关研发课题

序号	课题名称	课题负责人
1	通过“富岳”鉴定新型冠状病毒的候选治疗药物	奥野恭史（理化学研究所/京都大学）
2	利用“富岳”预测新型冠状病毒表面的蛋白质动态结构	杉田有治（理化学研究所）
3	大流行现象及对策的模拟分析	伊藤伸泰（理化学研究所）
4	对新型冠状病毒相关蛋白质的片段分子轨道计算	望月祐志（立教大学）

表 2 超级计算机“富岳”成果创造加速计划

领域	课题名称	课题负责人
挑战人类普遍问题及未来拓展	量子物质创造与机能研究所需的基础科学——“富岳”与尖端试验密切合作带来的创新性强相关电子科学	今田正俊（早稻田大学理工学院综合研究所）
	通过全原子和粗分子动力学解析细胞内分子动态	杉田有治（理化学研究所生命机能科学研究中心）
	从模拟探索的基础科学“基本粒子的基本法则”到元素的生成	桥本省二（高能加速器研究机构基本粒子原子能研究所）
	构建从宇宙结构形成与进化到行星表层环境变化的统一图像	牧野淳一郎（神户大学理学研究系）
	利用大规模数据解析和人工智能技术解析癌症的起源与多样性	宫野悟（东京大学医学研究所）
	基于脑耦合数据分析和功能结构推测的人类脑部仿真	山崎匡（电子通信大学研究生院）
	封闭核燃烧等离子体的物理探索	渡边智彦（名古屋大学研究生院）
大力保障国民生命财产	促进加速精密医学发展的药物研发大数据综合系统建设	奥野恭史（理化学研究生医学创新中心推进计划）
	有助于防灾减灾的新时代大型气象和大气环境预测	佐藤正树（东京大学大气海洋研究所）
	通过多尺度心脏模拟器与大规模临床数据的创新整合克服心脏功能不全流行病	久田俊明（UT-Heart研究所有限公司）
	构建从大规模数据模拟地震发生到地震运动和地基增幅评估的综合预测系统并实用化	堀高峰（海洋研发机构地震海啸预测研发中心）
强化产业竞争力	用于节能半导体装置开发的量子理论多维仿真	押山淳（名古屋大学未来材料系统研究所）
	利用“富岳”研发创新性流体性能预测技术	加藤千幸（东京大学生产技术研究所）
	替代飞机飞行试验的近未来型设计技术的先导性实证研究	河合宗司（东北大学研究生院）
	通过开发下一代二次电池和燃料电池进行ET革命的计算和数据材料科学研究	馆山佳尚（物质材料研究机构）
	环境适应型功能化学品	松林伸幸（大阪大学研究生院）
	利用大规模计算和数据驱动方法开发高性能永磁体	三宅隆（产业技术综合研究所）
	灵活利用超级模拟和人工智能的真正清洁能源系统的数字孪生的构建与应用	吉村忍（东京大学研究生院）
夯实研究基础	基于脑血液循环模拟数据科学的个性化医疗支援技术开发	和田成生（大阪大学研究生院）

题。美国和中国目前都致力于开发“EXA（100京）级”超级计算机。美国计划在2021年将EXA级超级计算机“极光（Aurora）”投入运行。中国也有可能在2020年底以后启动开发同等级别的超级计算机。在当前数字技术对社会

经济发展产生深远影响的时代背景下，超级计算机作为必不可少的研究基础设施，其发展速度将不断加快，应用需求也会与日俱增。大学、研究机构和企业是否能够利用超级计算机强大的计算能力和计算资源取得出色的研究

成果将会成为社会关注的焦点。我国在着力提升超级计算机运算速度的同时，更应重视超级计算机配套应用软件的研发，使超级计算机能够物尽其用，在支撑科研攻坚的同时，做好迎接算力经济时代的准备。[科技](#)