



News & Highlights

日本“富岳”暂时称霸世界最强超级计算机排行榜

Ramin Skibba

Senior Technology Writer

截至2020年6月，TOP500组织发布了最新的半年度全球超级计算机TOP500榜单，其中日本超级计算机“富岳”（Fugaku）摘得桂冠，成为目前世界上最强的超级计算机系统[1,2]。“富岳”的浮点运算速度峰值高达每秒41.55亿亿次，比之前位居榜首的美国田纳西州橡树岭国家实验室开发的“顶点”（Summit）超级计算机（每秒20亿亿次）快了一倍多。超级计算机的发展日新月异。超级计算机榜首的位置不断更新。2018年6月，中国研制的“神威·太湖之光”超级计算机（每秒93千万亿次）被“顶点”取代[2]。

TOP500排名不仅仅是运算速度的角逐。随着学术研究不断进步和商业需求不断扩大，超级计算机朝着复杂化、大容量方向发展。

美国加利福尼亚大学圣地亚哥超级计算机中心的物理学教授兼开放科学网格（Open Science Grid，美国国家分布式计算合作伙伴关系，为美国的数据密集型研究提供高吞吐量计算）项目的执行董事Frank Würthwein表示：“这实际上是让原本不可能实现的计算成为可能。”

这些顶级超级计算机在许多研究应用中表现出超乎寻常的能力。超级计算机可以进行天体物理学模拟和宇宙学模拟，以更高的分辨率模拟大片宇宙区域，更准确地预测天气和气候变化。超级计算机不需进行核试验，即可模拟核电站和核武器爆炸。此外超级计算机也可用于测序和分析人类基因组。超级计算机还可用于航空航天、医疗和制药行业的商业研究。“富岳”应用于前沿科学研究，其计算速度超快，可以模拟严重急性呼吸综

合征冠状病毒2（SARS-CoV-2）在飞沫中的传播[3]。

超级计算机具有极高的使用价值。人类对超级计算机的时间需求远远超过其可用性。美国能源部橡树岭国家实验室超级计算设施（US Department of Energy's Oak Ridge Leadership Computing Facility）项目负责人Justin Whitt表示，超级计算机几乎一直在运行，超级计算机的使用时间通常超过其可容纳量的4~5倍。更多的超级计算机和更强大的超级计算机意味着更大的科技进步潜力。几乎所有科学家都会说超级计算机很强大，但是如果有了更大的力量，我们就可以解决这些新问题，为模拟增加新的物理学特性和保真度，为科学开辟新道路。

“富岳”由日本富士通公司和理研计算科学中心（日本神户）联合开发，由700多万万个核心组成，搭配2.2 GHz中央处理器（使用 $1024 \text{ GB} \cdot \text{s}^{-1}$ ）和三维堆栈存储器来加载数据（图1）[4]。它是TOP500名单中第一台由高级精简指令集计算机处理器（ARM）提供支持的超级计算机。ARM处理器有功率高、成本低等特点，与手机和其他电子设备的处理器类似，晶体管数量少，冷却需求少。此外，与大多数超级计算机使用的图形处理单元不同，“富岳”采用了流线型处理架构，即向量计算。

“富岳”采用了创新设计，建造成本约10亿美元，是“顶点”超级计算机（2亿美元）的5倍，与即将推出的百亿亿次超级计算机的预期成本相当[5]。它的峰值功耗为30 MW，大约是“顶点”的2倍，占地面积



图1. 一个机柜包括近15.9万个节点，这些节点连接在一起为“富岳”超级计算机供电。整台机器占地面积为1950 m²，相当于3个网球场的面积。资料来源：Raysonho (CC BY-SA 4.0)。

为1950 m²，比“顶点”多出一个网球场的面积。美国田纳西大学诺克斯维尔分校的创新计算实验室主任、TOP500榜单的合著者、TOP500榜单[6]的线性系统程序包（LINPACK）基准测试的发起者Jack Dongarra说：“这些计算机体积非常大，相当于两个或者更多个网球场。”他还表示超级计算机（包括其网络系统和冷却系统）的体积一直都很大，但是科技变化日新月异，小型化以及硬件和软件的优化能够让不断密集的系统产生更多的动力。从今天的标准来看，几十年前的早期超级计算机既笨拙又缓慢。他还说到：“我的笔记本电脑比1993年最快的计算机还快。”

虽然2019年新冠病毒疫情延缓了超级计算机的发展进程，但“富岳”不会在榜首位置待太久，预计2021年

许多百亿亿次超级计算机将研制完成。这些百亿亿次超级计算机的速度要比当前大多数千万亿次超级计算机快一个数量级，可实现每秒百亿亿次浮点运算。美国田纳西州橡树岭国家实验室打造的“前沿”（Frontier）超级计算机的占地面积相当于10个网球场。美国伊利诺伊州阿贡国家实验室研制的“极光”（Aurora）超级计算机和加利福尼亚州劳伦斯·利弗莫尔国家实验室研制的“El Capitan”超级计算机都有望在2021年突破百亿亿次级计算速度[5,7]。Dongarra表示，中国的“天河3号”超级计算机预计在2020年年末达到百亿亿次级速度，但现在推迟到了2021年。中国入围TOP500的超级计算机数量为226台，美国113台，日本29台。全球其他超级计算机大国还包括法国（19台）、德国（16台）、荷兰（15台）、爱尔兰共和国（14台）、加拿大（13台）、英国（10台）和意大利（7台）[1]。

References

- [1] Japan captures TOP500 crown with ARM-powered supercomputer [Internet]. Sinsheim: TOP500; 2020 Jun 22 [cited 2020 Oct 19]. Available from: <https://www.top500.org/news/japan-captures-top500-crown-arm-powered-supercomputer/>.
- [2] Palmer J. More super supercomputers. *Engineering* 2019;5(3):357–8.
- [3] Supercomputer simulates how coronavirus droplets spread [Internet]. Tokyo: Nippon; 2020 Oct 14 [cited 2020 Oct 22]. Available from: <https://www.nippon.com/en/news/ntv20201014003/supercomputer-simulates-how-coronavirus-droplets-spread.html>.
- [4] Boyd J. Japan's Fugaku supercomputer completes first-ever sweep of high-performance benchmarks [Internet]. New York: IEEE Spectrum; 2020 Jun 29 [cited 2020 Oct 22]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/techtalk/computing/hardware/japans-fugaku-supercomputer-is-first-in-the-world-to-simultaneously-top-all-high-performance-benchmarks>.
- [5] Mann A. Core concept: nascent exascale supercomputers offer promise, present challenges. *Proc Natl Acad Sci USA* 2020;117(37):22623–5.
- [6] Dongarra JJ, Luszczek P, Petitet A. The LINPACK benchmark: past, present and future. *Concurr Comput* 2003;15(9):803–20.
- [7] US Department of Energy and Cray to deliver record-setting frontier supercomputer at ORNL [Internet]. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory; 2019 May 7 [cited 2020 Oct 22]. Available from: <https://www.ornl.gov/news/us-department-energy-and-cray-deliver-record-setting-frontier-supercomputer-ornl>.