

日本量子科学推进方针 将解放“量子”潜能

编译 / 张翼燕（中国科学技术信息研究所）

2017年2月13日，日本科学技术学术审议会、尖端研究基础委员会、量子科学委员会共同发布了《量子科学（光技术和量子技术）新推进方针——解放“量子”潜力，从根本上提高日本竞争力》报告，主要介绍了在量子信息处理与通信，量子计测、传感和成像，以及最尖端光子和激光技术三大领域内，国际研究动向以及日本优势与未来研究重点。

量子科学将可能引发计算、信息和能源等领域的颠覆性变革。世界各国均在竞相开展研发工作。

日本政府在2016年1月《第五期科学技术基本计划》中把光技术和量子技术认定为创造新价值的核心优势基础技术。2016年3月，日本科学技术振兴机构（JST）将“实现对量子状态的高度控制，开拓新的物理特性和信息科学前沿”作为2016年度战略性创造研究推进事业的战略目标之一。4月，国立研究开发法人“量子科学研究开发机构”成立。

一、日本综合推进方针

1. 立足于独特的视角与创意

考虑到欧美等国的投资规模和研究人员层次，以及本国有限的资源，

日本提出必须以独有的视角与创意开展量子科学研究。一是重视基础研究、基础理论领域的新颖创意，将其置于国内研究实证化的环境中，为量子科学的发展提供基础。二是基于多样创意，开拓新的领域，推进混合型研究发展。三是根据不同领域的特点，采取自上而下或者网络基地型的研究方法。

2. 推动国际合作

一是要加强国际性的开放研究交流。开展国际性的合作研究、共同研究，经常吸收新创意，提高各自的技术，积极应对国际化趋势。二是积极与海外研究团体构建研究网络。为改善日本的研究环境，应当加强与欧美各国的合作研究和共同开发。同时，由于中国、新加坡等国研究团体的迅速发展，今后也应建立包括亚洲研究团体在内的研究网络。

3. 培养人才

随着各领域研究水平的日益提高，应当培养从基础物理到系统开发等多层次人才。同时，考虑到不同领域以及技术阶段对合作与流动性的需求，要大力培养跨领域的研究人才，并在此基础上培养引领开放创新的人才。

4. 推进开放创新

以产学合作促进不同领域的融合。在与未来潜在客户对话的同时，要有步骤地切实推进量子科学发展。应培养能够充当技术提供方与需求方桥梁的人才。大学、研究机构与产业界应构建促进人才流动、加强双方交流的合作框架。

5. 加强知识产权和标准化战略

从国际竞争的角度来说，研发应当将产业界纳入其中，知识产权保护 and 标准制定是重要战略内容。

6. 深化与社会的关系

量子科学作为基础技术，应立足长远，对其进行持续性研究。要把技术的开发情况、技术的潜力与可能性、新社会的形态等信息，积极向国民与企业进行宣传。

二、量子信息处理与通信领域推进方针

1. 量子计算

国际研究动向。量子计算是运用量子力学实施大规模并行信息处理的技术。近年来，欧美各国政府与谷歌等世界型企业都立足长远，不断扩大在量子计算领域的投资。超导量子比特、自旋量子比特是现阶段研究进展的代表例子。

日本的优劣势。超导量子比特、自旋量子比特、量子退火法是量子计算的核心要素技术，日本开创了该领域研究的先河。今后，充分利用半导体技术与光技术，实现超导量子比特、自旋量子比特的进一步集约化，将会成为日本的优势。

从研究人员数量而言，以超导量子比特为例，美国有几百名研究人员，而日本仅有几十名，人才层次的厚度相差较大，欧洲位于中间水平。但是，日本拥有在国际上活跃的青年研究人员。

日本的课题。考虑到日本有限的资源以及欧美各国的投资规模，正面突破十分困难，现阶段对该技术实施集中投资为时尚早，失败几率较大。因此，要从独特的视角以及创意出发。2016年JST将“实现对量子状态的高度控制，开拓新的物理特性和信息科学前沿”作为战略目标，使得探索性创意性研究受到关注。

2. 量子模拟

国际研究动向。量子模拟器技术

使得阐明物质特性及其反应，以及在此基础上探索、开发新物质以及物质的新功能成为可能。量子模拟器的实现有很多方法，包括冷原子/冷分子、离子阱、超导量子比特、线性光学等方式。

日本的优劣势。量子物性特别是强关联电子研究是日本的传统优势。日本在冷原子/冷分子研究领域优势巨大。

但是，日本影响力较弱。虽然在量子信息理论方面拥有非常优秀的研究人员，但人才数量严重不足，实验组数量较少也是不容忽视的一大问题。

日本的课题。目前，实验室层面已经开展了大规模的多体量子理论研究，在此基础上，物性理论研究者 and 潜在用户应联合起来，一方面致力于解决量子状态的单个观测和高度控制等硬件课题，另一方面，致力于解决量子模拟器成像理论以及误差理论评估等的软件课题，实施自上而下的开发方法。与基础牢固的欧美不同，日本应以物性理论优势为基础，推动具有独立性的研究发展。随着理论、实验各领域水平的日益提高，从促进各领域合作与融合的角度来说，有必要

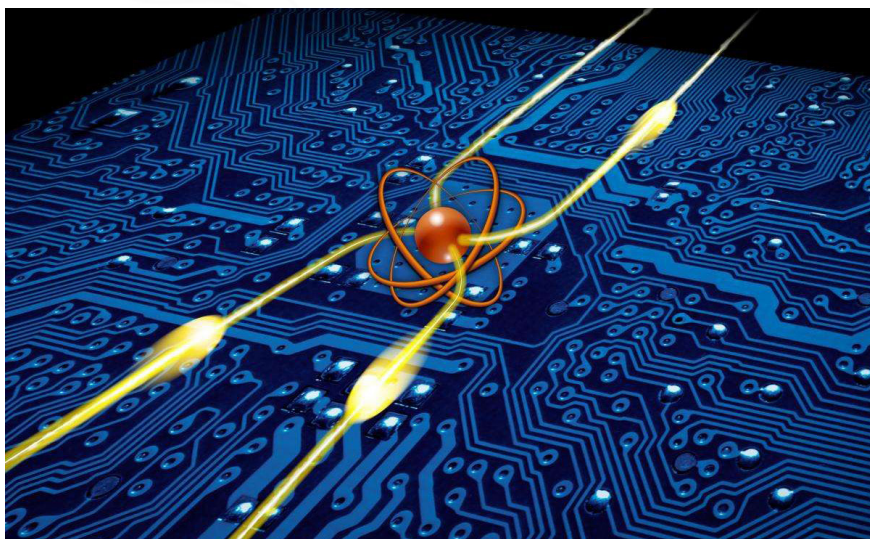
培养精通从基础物理到系统开发的优秀人才。

3. 量子通信和量子密码

国际研究动向。量子通信为提高通信距离，必须要用到量子中继，量子隐形传态和量子记忆等不同于以往的新技术是现阶段研究的典型代表。量子密码利用“观察量子状态将会对其造成损坏”这一不确定原理，目前研发主要是量子密钥分配(QKD)技术，BB84协议是研究主流。

日本的优劣势。在量子通信和量子密码领域，日本在理论研究、基础研究、网络技术试验等方面全球领先。近年来，海外对量子中继的研究十分活跃，而在日本国内，新的创意难以受到重视，缺少推动不同领域融合的人才，具有重大意义的创意逐渐流失到国外。而且，海外制造的光子探测器技术优于日本本国产品，这也是发展瓶颈之一。

日本的课题。在现在的量子通信和量子密码技术体系中，有必要通过实现信息理论、光纤网络技术、无线网络技术等不同领域的融合，促进技术普及。届时，要构建量子密码与数字加密等竞争领域和相关领域的合作



关系,既满足短期需要,又从长期角度维持日本理论研究与基础研究的坚实基础。通过与未来潜在用户对话,分阶段切实推进量子技术的发展。

三、量子计测、传感和成像领域推进方针

近年来,量子计测、传感和成像技术取得了飞速发展,为诸多领域带来重大突破。

1. 生命科学领域的量子计测、传感和成像技术

国际研究动向。量子计测、传感技术的不断发展,为阐明生命现象、开拓应用前沿提供了可能。生命科学领域的量子计测、传感技术主要包括固态量子传感器、量子纠缠光的生物成像。

日本的优劣势。在固态量子传感器的制作技术的研究中,日本研究机构具有国际优势,但其应用研究却是欧美领先。

在量子纠缠光的生物成像方面,日本研究人员也在世界上保持领先水平。但是,受研究方法的限制,物理学与生物学的合作与融合的研究小组数量较少。

日本的课题。量子计测与传感技术对于医疗、能源、制造业的广泛领域均具有较强的技术波及效果。日本致力于将各领域的突出技术相融合,创造出新的竞争力。以青年研究人员的新颖创意为基础,开拓新领域,推进混合型的研发。

量子计测与传感技术的研发,需要在基础物理、材料、装置、计测、分析化学、生命科学等不同领域以及不同技术阶段实现融合与合作,因此,有必要培养跨领域基础研究人才,借此培养出开放创新领导人才。

2. 物理学领域的量子计测、传感和成像技术

国际研究动向。物理领域的量子计测、传感技术主要包括量子惯性传感、光晶格钟、量子纠缠光的图像传感器。

日本的优劣势。促进量子宏观与微观的融合、推动理论与材料的混合化发展,将有可能成为日本未来研究的重大突破口。但在日本,包括企业在内对基础研究投入不足。

日本的课题。从国际竞争的角度来说,研发应当将产业界也纳入其中,知识产权保护、标准化战略均为重要内容。同时,要推进网络型研究基地的建设。今后还要继续推进光晶格钟的持续性研究,不断发掘新的应用领域。

四、最尖端光子和激光技术领域推进方针

光子和激光技术为科学的发展以及开拓经济社会的前沿提供了可能性。欧美以及中国都不断扩大投资。

1. 光源锐化、光性能的新发现和控制

国际研究动向。目前,超短脉冲激光和阿秒科学、激光功率、光学频率梳等都是研究的典型代表。

日本的优劣势。日本的超短脉冲激光和陶瓷激光器技术具有较强优势。目前,日本正在致力于研究复合陶瓷技术。此外,日本在半导体激光器以及大型衍射光栅、超高强度的光学元件、量子光学方面具有较强优势。人才流动性是重大挑战之一。

日本的课题。今后,应当继续利用现有的政策、已开发技术、取得的成果、优秀的人才,推动最尖端的光子和激光技术的可持续发展。最尖端的光子和激光技术应当在物理、化学、

计测、生命科学等领域以及跨领域尖端研究中发挥更大的作用。因此,需要推动大学、研究机构与产业界的人才流动,研究构建促进交流的合作框架。针对欧洲近年来的大规模投资,日本不是要与其进行竞争,而是要利用这一形式加强机构间的合作。

日本是最早实现光学频率梳的三个国家之一,然而,这一技术并没有实现和原有重点领域的融合,对国家而言,没能充分实现其初期优势。对于这类基础技术,日本应立足长远,开展持续性研究,并将技术所处的水平、发展潜力、社会影响等向国民、企业进行说明。

2. 推动应用产业的发展

国际研究动向。光技术对于推动产业发展,改善人类生活发挥了重要作用。近年来,EUV光刻技术、CPS型激光加工系统等产学研的合作日益增多。

日本的优劣势。日本要充分发挥在光技术领域的优势,推动产业发展。但是,光技术多种多样,单个光技术的市场规模较小,一般很难成为投资对象。同时,技术的应用潜力也难以被投资方理解。

日本的课题。推动最尖端的光子和激光技术的产业应用,需要实现跨领域的产学研合作。大学、研究机构与产业界需要构建交流框架,为开展持续讨论提供便利,构筑信赖关系,推动跨组织合作。

在主题选定方面,有必要将其分为课题解决型和未来展望型。在课题解决过程中,也有可能隐藏着新的学术主题,应当深入挖掘。此外,还可以利用产学研合作培养具有掌控全局的博士人才,为青年研究人员提供多种机会。**科技**