

FANUC NEWS

2023
座谈会
特辑



2023年7月拍摄

2023 年 座谈会

5月19日，我们特别邀请了平日里给予发那科诸多帮助和支持的各位专家教授前来参观我们在新商品发布展览会上展出的商品，之后召开了座谈会。



● 出席人员

■ 新商品发布展览会 整体讲评 P 3
 东京大学 名誉教授 樋口 俊郎 先生

■ FA P 4
 庆应义塾大学 名誉教授 青山 英树 先生
 东京工业大学 教授 高木 茂孝 先生
 东京农工大学 教授 笹原 弘之 先生
 京都大学 教授 松原 厚 先生

■ 机器人 P9
 东京大学 教授 浅间 一 先生
 早稻田大学 教授 菅野 重树 先生
 东北大学 教授 冈谷 贵之 先生

■ 智能机械 P13
 名古屋大学 教授 社本 英二 先生
 东京电机大学 教授 松村 隆 先生
 东京农工大学 名誉教授 国枝 正典 先生
 东京大学 教授 梶原 优介 先生

■ 总评 P19
 职业能力开发综合大学 校长 新野 秀宪 先生

(按发言顺序排列)

发那科株式会社

■ 代表取締役会长 稻叶 善治
 代表取締役社长 山口 贤治 (主持人)

■ FA
 FA 事业本部长 野田 浩
 硬件研究开发本部长 羽田 浩二
 软件研究开发本部长 岩下 平辅
 伺服研究开发本部长 福田 正干

■ 机器人
 机器人事业本部长 稻叶 清典
 机器人机构开发本部长 安部 健一郎
 机器人软件开发本部长 加藤 盛刚

■ 智能机械
 智能机械事业本部长 高次 聪
 ROBODRILL 研究开发本部长 佟 正
 ROBOSHOT 研究开发本部长 内山 辰宏
 ROBOCUT 研究开发本部 藤元 明彦

■ 事務局
 研究开发推进·支援本部 松原 俊介
 FA 事业本部技术总监 须藤 雅子

(截至5月19日的职务)

社长：今天，感谢大家百忙之中抽空来参加座谈会。本座谈会每年都在本公司新品发布展览会期间举办的。去年，我们顶着新冠疫情的压力，举办了实体展会。但是人数大幅受限，几乎没有海外客户来参加。



山口社长

今年随着新冠病毒感染从2类变为5类，展览会吸引了大批参观者，仅国内参观者人数就达到了去年的约3倍。海外几乎所有国家都有客户前来，他们也参观了本公司的最新商品和技术。

我认为与一年前相比，我们在很多方面都有了显著的进步，但还是希望各位教授从你们的角度出发，坦率地提出意见和建议。非常感谢大家。

■ 新品发布展览会 整体讲评

社长：首先，请樋口名誉教授对整场展览会提出意见和建议。

樋口名誉教授：在参加了此次的展览会后，我切实感受到新冠疫情终于结束了，世界又走上了全面复苏的轨道。首先，

我想和过去一样，介绍发那科的获奖情况。

正如今天的展览所示，Robot M-1000iA 荣获了三项大奖。分别是“2022 日刊工业新闻社 十大新产品奖 主奖”、“2022 年日经优秀产品及服务奖 日经产业新闻奖”以及“2022 年度优秀设计奖 百大优秀设计”。



樋口名誉教授

像 Robot M-1000iA 这样的大型机器人，在未来的生产中肯定会大展宏图。过去，在组装大件时，一般会使用起重机和链条葫芦进行升降、调整、组装等操作。但是，这样的作业需要熟练的技术，而且也伴随着危险。如果由机器人来作业，就像今天所展示的那样，它们能够抓起零部件，从侧面进行组装等，以合适的方式进行作业。我想在此类应用上会被广泛使用，也是它得到好评并获奖的原因。

然后是对展览会整体的感受，我对于 FA 的感想尤其多，在 FA 的展示中，经常能看到“基本结构焕然一新”、“基本性能提升”、“全面焕新”等表述。

这种革新性的产品开发，恐怕需要从5年前就开始行动。虽然之前因为新冠疫情，很多活动都停滞了，但我想这反



2023年5月15日~17日 发那科新品发布展览会

而是回归基本、重新思考的好机会。

过去，都是改良现状、逐步提升性能，而如今，发那科能够再一次回归原点，是非常值得肯定的。作为这一举措的成果之一就是，全新的新一代伺服实现了能源损耗削减10%。

我自己就是从事执行器的各种研究开发工作的，所以非常清楚，在开发不断推进、改良空间如此之小的情况下，要实现10%的性能提升，实际上是非常困难的。但发那科不但切实为之行动，还实现了目标。

然后，和往年一样，机器人让我觉得惊喜、有趣。其中，协作机器人展示了可搬运重量更重机型的非常协调的协同作业场景。在协同作业机器人开发、实用化开始之时，我完全没有想到它能搬运这样的重物。另外，我曾担心过它是否具有危险性，会不会发生重大事故、给人造成伤害。但是，迄今为止，完全没有相关重大事故的新闻报道。我认为协作机器人的安全性已经得到了证明。今后，这些可搬运质量30kg、50kg的机型一定会在物流等领域发挥相当重要的作用。

无论如何，可以看到，发那科的各项研发工作正在开花结果。我想或许还有很多原本希望在今年的展览会上展出、但还稍欠火候的研发，期待在明年的展览会上看到这些成果。我就说这么多了。

社长：樋口名誉教授，您的发言给予了我们极大的勇气，非常感谢。

■ FA

社长：接下来，首先想听听大家关于FA的感想。首先，有请青山名誉教授发言。

青山名誉教授：大家好，我是青山英树。感谢发那科邀请我今天参加展览会。每年，我都非常期待参加发那科的展览会，听取关于新技术的介绍。

在FA方面，我比较关注CPU处理性能的提升、包含CNC GUIDE 2的数字孪生技术、AI伺服调整(加减速参数调节技术)以及机床机器人的结合技术。

CPU处理性能提升近3倍后，我想相关的各种处理也实现了改善和提升。作为关联技术，发那科还介绍了缩短加工循环时间的技术。听说随着CPU处理性能的提升，程序段处理能力也将提升，对此我也很感兴趣。我们也确定了搭载发那科CNC的机床的程序段处理时间，并基于此，

创建了与此机床相匹配的曲面加工NC程序。举个具体的例子，当进给速度为8m/min时，曲面加工指令点的间距为0.133mm，这是最高的加工速度。点间距0.133mm的路径可以确保与目标形状之间的形状误差小，实现高精度加工。而这一点间距取决于程序段处理时间，因此，当程序段处理时间改善近3



青山名誉教授

倍时，曲面加工中的点间距有望从0.133缩短到0.044左右。这种实现高速、高精度加工的方法与传统的刀具路径导出法相比，颠覆了基本的理念，是一种极具冲击力的加工方法。

基于CNC GUIDE 2的数字孪生技术方面，发那科在去年的JIMTOF上就进行了隆重展示，并引发了高度关注。我认为它展示了机床数字孪生的一种面貌。我想其他公司必将奋力追赶发那科展示的数字孪生技术，我们也期待这项技术得到进一步发展。根据从CNC GUIDE 2得到的位置数据和预测进给速度等推测加工面，提前修正问题的技术，将会成为模具制作现场所有人强有力的武器。这项技术现在已经能够构建伺服模型，准确模拟加减速了，希望发那科能更进一步，如果能加入加工负荷的信息，就能推测出更加真实的加工面。

而AI伺服调整技术，我认为它是支持机床制造商调节CNC参数的有力工具。在模具技术协会的研究会上，我们已经通过实验确认了CNC参数调节的不同会导致加工面状态出现显著差异。根据机床的利用目的，设定最佳调节非常重要，但是对普通用户而言，CNC参数调节是一件难事。举一个不知道是否恰当的例子，比如现在有的汽车可以对发动机动力、悬架、方向盘或其他参数进行4到5个不同级别的调节。试问如果让驾驶员来调节这些参数，会如何呢？只需按下预装在汽车上的舒适驾驶模式、正常驾驶模式、运动模式或更强动力运动模式等按钮，就可以完成调节了。

机床也是如此，对普通用户而言，CNC的调节是一件难事，但是如果预先调节好的设定按钮，例如冲压模具加工、创意面加工、压铸模具加工或者模具功能部位的加工等，普通用户只需按下按钮就能实现自动调节，从而使加工更具目的性。在今天的展览会上，ROBODRILL也展示了可在更加高精度化、高速化的项目中实现调节的功能。但是，加工时，用户很难判断需要的是高精度模式还是高速模式。

关于机床与机器人的协同、协调作业，我认为这个领域在未来会越来越重要。其中，CNC和机器人通过以太网连接，用机床的G代码操作机器人的功能让我觉得非常易于



CNC 展示

使用。对普通用户而言，这是一个非常实用的功能。我想今后还会出现与移动机器人的结合，在这种情况下，相比有线的以太网，我们更需要使用高速 Wi-Fi 和 5G 通信。

最后，我想说一点与今天的展览会无关的话题，在 JIMTOF 上，一家名为北京精雕的公司引发了热议。听说北京精雕原本是 CAM 制造商，他们决心创建适合机床特性的 NC 数据，于是在自己公司以内部制造的方式自主制造机床，也包括 CNC、机械要素等，在全面把握了机床特性的基础上，创建了与之适合的 NC 数据，成功实现了超高精细的加工面。发那科也是制造 CNC 和机床的企业，我刚才提到了把握程序段处理时间、生成加工路径的内容，我认为你们也能创建最大限度发挥机床特性的 NC 数据。我刚才说明的想法是因为加减速的存在，形状会产生误差，而我认为也可以利用加减速的特性，实现沿曲面的加工。

刚才的发言只是我个人的想法，但我认为发那科继续发展，始终维持制造行业中世界顶尖企业的地位对日本而言非常有必要，所以，希望你们今后继续努力。我要说的就是这些。谢谢大家。

社长：感谢青山名誉教授的发言。下面，请野田事业本部长发言。

野田：感谢青山名誉教授多角度的点评和指导。

关于数字孪生技术，也就是真实世界与数字世界，所谓的数字就是指计算机的世界，在计算机的世界中构建真实世界时，尽可能地缩短两者间的距离非常重要，而实现这一点的技术就是关键。教授提到的 CNC GUIDE 2 就是忠实再现 CNC 动作的技术。忠实再现加工面的面推测技术，以及教授提出指导意见的表现机械特性的伺服机型方面的思路，凭借这些技术，真实世界与数字世界之间的距离变得非常接近，数字世界中的处理对于真实世界中的最优化将发挥非常重要的作用。

当然，这其中还涉及到工具的模拟等难题，但我认为这些技术的积累将不断提高数字技术的价值。



野田事业本部长

关于与机器人的连接技术，发那科作为涉足 CNC 和机器人两方面的企业，将致力于完善两者间的连接。

关于最后教授的点评，涵盖了从程序到加工的整个加工流程。

比如，我们在此次的发布中介绍了对于就从 CAD/CAM 生成的 NC 程序是否适合所使用的机床，或者从 NC 的角度来看是否合理等问题在数字世界中进行验证，如果发现问题，就在数字世界中修正的技术。除了加工本身，对于整个加工流程，发那科还有很多能够发挥作用的地方。

感谢教授今天多角度的指导。今后也请继续指导我们的工作。

社长：下面请高木教授发言。

高木教授：感谢发那科今天的邀请。

首先，我想谈谈展览会上我最先参观的协作机器人。去年我曾提到机器人的动作越来越接近于人类了。今年我的感觉是，它们的动作已经超越了人类，比如能够以比人类更流畅的动作安装螺丝。而 CRX-25iA 的 30kg 搬运能力也让我印象深刻。然后，我还体验了抓着协作机器人的指尖写字，让机器人记忆后，写出相同文字的展示。但是感觉机器人动作有些僵硬，不易操作。但我想明年一定会变得流畅，我对此充满期待。

另外，AI 热位移补偿技术也让我很钦佩。原本 50 分钟的暖机运行时间，现在完全不需要了，加工精度不受影响，也不需要温度可变室，是一项对削减成本和节能都非常有帮助的技术。我在机器人方面完全是外行，所以希望大家把我上面的发言看作外行的感想。另外，展览会上还出现了一些关键词，比如在机械故障之前通知预警、预防保全等。我想这些一定是通过各种方式的感知技术实现的。其中，传感器电路非常重要，但目前发那科使用的只有视觉和触觉传感器两种。而感官有五种，剩下的就是嗅觉、味觉和听觉。味觉比较难以利用，而关于嗅觉，最近我刚刚听说通过检测油的异味进行故障诊断的技术，我想这样的技术今后也是很有必要的。这些传感技术正是我的专业模拟电路的强项。现在，数字技术引发全球热议，数字电路也成为了集成电路领域的主流，但过去一直有一种说法，就是数字电路是任何人都能制作的。这是因为有硬件描述语言，它的存在使得任何人都能制作数字电路，而如果要实现差



高木教授

异化，就要依靠模拟电路。最近的数字电路，与其说是电路，其实更接近于系统，并不是那么简单的内容，但模拟电路技术才能实现差异化这一点至今没有改变。

今天，我还参观了一项非常有趣的技术，那就是硬件外壳的小型化促成了印刷电路板的安装高密度化。另一方面，未来我们将直面依靠人力无法突破的外壳小型化的物理极限，这将成一项重大挑战。传感器电路也是同理，在迎来物理极限之时，我们不能只关注一个方向，必须对各种趋势保持敏锐性。在教育中，有面向成人的自我主导型学习和面向儿童的教师指导型学习。面向成人的自我主导型学习属于学习当前所需信息的课题中心型学习，这种学习将为成人提供学习的动机、指明学习的方向。而面向儿童的教师指导型学习属于学习未来所需信息的学科中心型学习。大家或许已经在实践这种学习方式了，对于这里提到的未来可能所需的信息，或者更准确地说，未来不知道是否需要信息，如果不加以关注，就很难打破即将到来的物理极限。从方式开始改变，从根本开始改变，为此，尽管眼前迷茫但重要的是先学起来的态度。我就说这么多了。

社长：非常感谢高木教授的发言。下面请羽田本部长发言。

羽田：我是硬件研究开发本部的羽田。非常感谢各位莅临参加。也感谢教授的点评。教授的发言涉及很多方面，我想按几个要点进行发言。

首先关于教授提出指导意见的协同作业机器人，正如教授指出的那样，存在物理极限，我们也在就此咨询各方意见，而教授改变角度，提出新的提案，对此我们深表感谢。

关于后半段发言中提到的外壳小型化问题，我们也像教授指出的那样，在反省自己的视野是否过于狭窄了，我们今后将关注更广泛的领域，作为电气企业，除了电气，还应吸收各个领域的知识，探索各种解决方案，不断进步。当然，模拟电路的专业领域的知识也是必要的，希望今后在这方面得到教授的指导。谢谢大家。

社长：非常感谢您的发言。下面有请笹原教授发言。

笹原教授：我是东京农工大学的笹原。今天一天有幸参观了发那科的展览会，非常感谢。愉快的时间似乎总是转瞬即逝。



羽田本部长

下面，我想就几点发表意见。第一点关于全新的 CNC 装置 500i-A。它的一个巨大改变就是速度提升至原来的 2.7 倍，实现了高速化，而打破传统束缚的设计非常具有创新性，让过去难以操作的五轴加工也变得更轻松。在五轴加工的展示中，当刀具接近工件时，如果通过 JOG 操作让 C 轴转动，刀具就会在接触加工点的状态下旋转。在加工单件工件时，一定会有在加工时目视加工点状态的要求，所以，这个功能对于用户来说非常有用，它让加工变得更加简单。



笹原教授

另外，关于高速化方面，程序段处理时间变短，并能够同时进行各种高速处理，是因为高速 CPU 在其中发挥着重要作用。另一方面，从加工本身的高速化、高精度化的角度来看，我的意见与刚才青山英树名誉教授的发言有所重叠，那就是如果继续使用传统程序，有可能无法百分百发挥新性能。针对这个问题，我希望发那科能向用户或者机床制造商介绍如何充分掌握全新性能 CNC 的使用方法。具体来说，就是关注由程序段处理时间和进给速度决定的微线段长度，在此基础上创建 NC 程序。新 NC 程序的线段

长度比过去短很多，但因为可以进行高速处理，所以有助于实现高精度化。

第二点与数字孪生技术的开发相关。展览会上展示了 CNC GUIDE、伺服调正等各种技术，但最吸引我的还是将机床摩擦、惯量比等物理特性以及伺服特性都准确输入，进而进行准确模拟的展示。比如，在模拟加工面出现纹路时，如果是机床制造商就可以调节伺服参数，但如果是用户，目前能做的应对就只有修正 NC 程序。这会是今后的课题，但关于加工中发生问题时的应对，如果 CNC 方面能够提供、开发一些解决方案，将为用户提供很大的帮助。比如，现在已经有技术可以在发生颤振时改变主轴的转速，而我希望能有与之类似的技术，当加工中发生问题时，能够通过更改设定值或参数来避免问题。此时，就需要针对机床加工过程的监控功能。除了温度传感器、加速度传感器，我认为还可以通过伺服信息确定加工力是否在振动等。我想今后应该会出现将监控与适应控制结合在一起的技术。

最后，我觉得发那科非常厉害的功能是在 NC 上设定摆动切削、振动切削的条件时，可通过图像显示什么样的相位偏移会出现切削中断可以切碎切屑。当切屑能够沿着刀具轨迹被切碎时，画面上会显示 OK，如果无法切碎就会显示 NG，这对用户而言非常简单明了。它能够让用户直观地



FANUC Series 500i-A

了解按照输入的参数能否顺利加工，这既是一项了不起的技术也是优秀的用户接口。以上就是我的发言。谢谢各位。

社长：非常感谢笹原教授的发言。下面，请岩下本部长发言。

岩下：我是软件研究开发本部的岩下。今天听到了很多有用的意见和指导，非常感谢。一直以来，我们致力于不断提升真实世界中的机械性能，但如今，真实世界的机械已经相当高度化、复杂化，因此，以“数字孪生”的形式将数字技术应用到真实世界中，对于性能的持续提升非常重要。



岩下本部长

目前，要素技术已经稳定，今后，我们将面向用户、机床制造商开展工作。今后也请继续指导我们的工作。感谢教授今天的发言。

社长：非常感谢您的发言。下面请松原教授发言。有请。

松原教授：非常感谢今天发那科为我们作的商品与技术介

绍。请大家原谅，我总是说一些琐碎的话题。此次，发那科在大幅提升机床基本性能的同时，还简化了多轴构成中的坐标转换，这样的改进对我们来说非常重要。从缩短现实与理想间差距的角度来看，由于轴间中心位置的偏移等一定会对运动精度产生影响，所以我认为提供一个能准确捕捉偏差的载体至关重要。当然，今后还必须完善相应的测量技术。



松原教授

另外，关于刚才提到的伺服的话题，就是通过改进电机与传感器的接口提升通信速度，提高伺服控制回路增益这部分，我觉得这是非常了不起的进步。在有电机编码器提供速度反馈的情况下，伺服控制回路发生不稳定的原因是检测和处理过程中的延迟。

而从90年代开始，随着延迟时间不断缩短，控制回路增益逐渐提高，需要解决的共振频率也越来越高。这回，这个频率也会再次升高，会有新的机械振动发生，所以现在我们必须对机械构造进行分析。而在数字孪生技术中，可以获得伺服频率响应。频率响应是一个非参数模型，我们已可以确定机械构造的参数，今后可能需要研究确定与机



伺服展示

床所发生问题相关的具体是哪些物理参数。如果是这样，或许对各机床制造商而言，机床在不同位置和姿态下的特性会成为各自商品独特的亮点，而如何充分整理这些技术、反映到模型中将是数字孪生技术的关键。现在，CNC 能准确把握位置，也能控制时间，因此，我想这方面的技术将会有长足发展。

在机器人上使用 G 代码操作机器人，在 FA 领域我们也一直在使用 G 代码，该项技术在消除 FA 和机器人的语言壁垒方面能起到关键作用。另外，关于协同作业机器人，这里的协同分为两种，既有人与机器人的协同，也有机床与机器人的协同。我想未来三者间的协同会继续发展。此时，坐标的共享非常重要。也就是通过统一语言实现自由交流后，下一步要通过空间的共享实现协同，在这方面，现实与理想的距离也在缩短，我非常期待未来的发展。

我就说这么多了。谢谢各位。

社长：感谢松原教授的发言。下面，有请福田本部长发言。

福田：我是伺服研究开发本部的福田。非常感谢您的发言。今年，我们展示了 α -D 伺服。这是一款从内到外都焕然一新的伺服商品。正如松原教授在发言中提到的那样，商品基本性能的切实提升得到了大家的好评，我们也为此感到高兴。伺服商品直接关系到机械性能，因此，今后，我们也将继续脚踏实地推进提升基本性能的研发工作。



福田本部长

另外，听到松原教授谈到 CNC 的运动学转换、现实世界在数字世界的再现等技术缩短了机器人与 CNC 间的距离这个话题，我感到非常高兴，由此可以确认我们的开发方向是正确的。

未来，包括节能在内，我们还有很多工作要做。我认为对未来 10 年的发展方向我们已经有了预判，我们将继续努力。谢谢各位。

■ 机器人

社长：接下来，我们将围绕机器人展开讨论。首先，请浅间教授发言。

浅间教授：我是东京大学的浅间。今天有幸受邀参加发那

科的展览会，非常感谢。我现在正担任国际自动控制联盟 IFAC 的会长，7 月 9 日至 14 日，联盟在横滨 Pacifico 举办了世界大会，发那科也为大会的举办提供了支持。再次向你们表示感谢。



浅间教授

今天的展览会有很多内容都让我很感兴趣。其中的协作机器人给我留下了非常深刻的印象。第一次看到协作机器人时，它还只是展览会角落里一个不起眼的存在。而如今，已成为展览会的主角，各种机型陈列在展厅的正中，特别是可搬运重物的长臂协作机器人令人印象深刻。

第二个让我印象深刻的是 DX 化、AI 化等，特别是使用服务器提供服务的事业迅猛发展。

第三点，外观设计的改进让我印象深刻。过去我也曾简单地提到过，外观设计是非常重要的元素，工厂配备外观设计优秀的设备装置，有助于提升作业人员的积极性。从这个角度来说，与过去的机器人相比，现在的机器人的外观设计有了明显的改良，可以让用户在使用时产生好感。这三点给我留下了深刻印象。

关于协作机器人再详细展开一点来说，它有可搬运重物、臂长较长的特点，这些特点让它的用途变得非常广泛。虽然以组装、物料处理、焊接、涂装、搬运等用途为主，但现在在向蛋糕制作等服务领域发展，这让我印象深刻。

其中的一个关键点是，机器人各关节都安装了力觉传感器，从而可以推测手指被施加了多少力量、实际接触工件时会发生什么，这对于用途的扩大将发挥积极影响。

然后关于示教，现在这项功能可以适应掌握各种技能的人的作业。通过示教完成教学，机器人会逐渐学习专家掌握的技能，然后再现这些技能。这对于提取各种技能、传承给下一代很有帮助，我感觉协作机器人正不断拓展新用途。

作为今后的可能性，如果能提取技能，不仅发那科能销售已经学习好的机器人，用户也能发现新的使用方法与价值，从而将机器人打造成用户特有的风格。

比如，如果道场六三郎（日本知名厨师）使用的机器人学到了道场六三郎的技能，那我想机器人本身将具备超出发那科预想的价值。我想，成为不断传承、传播技能的媒介，将会是这款协同作业机器人未来可能的发展道路。

第二点，我认为协作机器人会让人类在使用它们之后，在工厂等工作场合里产生满足感和成就感，也就是有助于



协作机器人 CRX 展示

维持人类积极健康的心理状态。我们有望看到作业人员在使用协作机器人后，工作变得更有干劲。

第三点，是不太显眼但我个人认为很重要的展示，那就是节能与碳中和相关。在未来的制造业中，无论我们是否愿意，环境负担都是必须考虑的课题，我们必须从中发现新的业务机会。

我希望发那科能进一步推进这方面的工作，从可持续发展的角度出发，做出贡献。以上就是我的感想，总而言之，这是一场令我印象深刻的展览会。非常感谢各位。

社长：感谢浅间教授的发言。下面，请稻叶事业本部长发言。

稻叶：感谢浅间教授的发言。正如教授所说，此次，我们以协作机器人为中心进行了展示。首次展出了可搬运质量 50kg 的协作机器人。这款机器人使用 CR-35iB 的机构部，可通过软件设置满足搬运重物的需求。除了具有一如既往的可靠性和传统功能以外，我们还以 CRX 系列为代表，宣传了产品的易用性。下面，我将围绕易用性发言。

正如教授所点评的，学习专家技能并再现的展示也是一

大亮点。去年的座谈会上就讨论过这个问题，虽然还没有发展到技能转移的程度，但我认为它是实现技能转移的入门技术。就像父母引导孩子那样，人也可以手把手将自己的技能教给机器人。这样，人的技能就将经由机器人数字化，最后变成程序数据。



稻叶事业本部长

面对劳动力不足的社会课题，经由数据传承技能有望成为解决课题的一个突破点。然后，数据本身的价值将会显现出来，这个价值也取决于指导者的技能水平。的确，道场六三郎传授的装盘动作的数据和我传授的装盘动作的数据，在价值上存在很大差异（笑）。如果这项技术继续发展，机器人就有望展现新的作用，那就是经由机器人收集技能的学习数据，再经由机器人再现这些技能。

生成式的学习也将成为我们下一个重点关注的技术。通过已有的学习数据生成新模式的能力，可用于实现更加自主的动作。教授提到的如何提问也是一项重要技术，我会

牢记这一点。在机器人的教育(学习数据的生成)过程中,除了示教,还包含了指导的要素,这一点我觉得非常有趣。

我们将从解决劳动力不足、环境问题等入手,为实现可持续发展的社会贡献绵薄之力。自动化的范围、应用场景的范围正不断扩大。除了提供机器人之外,在它的使用方法上,我们也将与客户联动合作。除了机器人的供应,在使用方法上,我们也将与客户联动。随着社会变化的脚步不断加快,汲取客户要求并迅速反映到现场的机制将变得越来越重要。作为应对的一环,部分机型已开始支持滚动式发布,以确保用户能随时使用最新功能。客户可从网上下载最新功能。并且,我们还通过使用数据,在零停机功能中,及时为客户提供维修保养服务。今后,我们也将利用 IoT 技术,努力缩短与客户的距离,迅速提供服务。希望继续得到您的指导。

社长: 下面,有请菅野教授发言。

菅野教授: 我是早稻田大学的菅野。今天,非常感谢发那科邀请我参加这场座谈会。在如此众多机器人出现在我眼前时,我越来越感觉到实物或者说实体部分的重要性。

最近,关于网络空间的话题太多了,但我认为在实体部分,我们需要做得更好,尤其是日本的制造业。制造,正是通过实际的产品表现出来的,从这个角度来说,今天的展示给我留下了深刻的印象。

我的感想主要围绕机器人,我再次感受到机器人基本性能的重要性。扭矩控制、力觉控制,这就是最基本的性能。从某种意义上来说,我认为装备了非常接近于人类功能的白色机器人,能够应用于各种用途。今天,展示会中展示了非常多的应用场景,我认为正是因为白色机器人拥有非常好的基本性能,才能在用户端或发那科公司内部催生出全新的应用功能。当然,伴随着成本的下降,越来越多的黄色机器人会被大家使用,这是应该有的样子。但是我强烈的感觉到白色机器人将会在新的领域成为主流。

另外,刚才提到的有关示教的话题,使用白色机器人,固然可以将技能输入到机器人中,但如何将机器人与 AI 技术结合才是关键。据说 Google 等公司将很多机器人排列在一起进行强化学习或深度学习等,但 AI 的使用方式并非如此,人类需要通过领导者与跟随者的方式对其进行教学,在几十次反复过程中就会使其掌握该技能,这才是 AI 的使



菅野教授

用方式。模仿控制就是一个很好的例子,而能够使用这种使用方式的是拥有很好的基本性能,特别是力和扭矩控制性能的机器人。在这种使用方式下, AI 技术将在各式各样的应用中被越来越多的使用。因此,希望发那科务必在这方面加大研发力度。

届时,如何处理数据将成为关键。今天也提到有关日志的话题。当然,发那科在机床的故障预测、诊断等功能中会收集各种日志,我认为记录机器人运行时的数据也非常重要,可以使用这些数据为基础让机器人进行下一步的学习,有必要在机器人中更多的进行这样的使用方式。

正可谓数据就是生命,我在之前的对话中了解到,现在还难以运用 AI 技术根据日志状态做出判断,我希望能早日攻克这一难题。特别是美国的 AI 处理,虽然不是 GPT,但也已经非常先进了,直白地说,我认为日本在信息技术方面已经很难赶上了。我这么说,可能有人会生气,但是我们必须面对现实。不过,在实体的机器人方面,日本仍占据绝对优势。因此,充分利用 AI 提升机器人的技能非常关键,希望发那科在这方面努力。

我在今年的 3 月就任了日本机器人学会的会长。正如我刚才提到的,在未来的机器人中需要将 AI 技术与机器人技术相结合,我有一种危机感,日本如果不能在实体部分不断追求并保持领先,就会在世界上处于极其弱势的地位。

这已经不是局限于学术界的话题了,因此,我希望以机器人工业协会为代表的制造商与学术界能加强合作。希望发那科为这一合作提供助力。以上是我的发言,谢谢大家。

社长: 感谢菅野教授宝贵的意见。下面,请安部本部长发言。

安部: 菅野教授,感谢您的发言。首先,基本性能非常重要,这是关键。机构部、传感器、机构部中的电机、伺服,正因为我们在这些方面精益求精,才有了如今 CRX 功能的发展。教授对我们工作成果的肯定,必将提高研发人员的积极性。

今后,我们将继续全力开发基本性能,在教授提议的数据处理、包括 AI 在内的数据的发展性方面,也将加大研发力度。关于机器人学会,发那科也会积极参与,今后也请多关照。



安部本部长

社长: 谢谢安部部长的发言。下面,有请冈谷教授发言。

冈谷教授：我是东北大学的冈谷。我听取了发那科关于协作机器人和视觉技术应用等方面的详细讲解。短短 1 年时间，这些技术就有了长足的发展，这一点让我印象深刻。

每年，我都会借这个场合，谈谈当时 AI 的发展和启示，包括在机器人上的应用。去年，就提到了操纵语言的 AI 已经非常先进。然后，众所周知，到了下半年，ChatGPT 以一种被大众广泛接受的形式引发了热议。这种语言类 AI 的确是一种创新性、具有突破性的技术。

最先创建 ChatGPT 的人本身应该也很惊讶，换言之，目前的状况并非他当初所想到的。但这反而能让我们了解这项技术的厉害之处。关于这项技术，我有两点想阐述。

首先，我认为这种语言 AI 有望应用到机器人的使用方法中。一般认为，我们正在迈向一个使用 ChatGPT 这样的语言模型进行人机交流的时代。

首先从计算机开始，使用 Excel 时，不再需要用鼠标点击单元格、编写宏，用户只需用文字告知计算机他们想要使用的功能，计算机就能创建用户需要的 Excel 表格。另外，从零开始编写计算机程序的时代也已经结束了。目前，我们在语言模型中提出想要这样的程序，可能不能直接运行，但可以将其作为模板，或者在测试以及调试中使用语言模型，逐渐进入使用语言模型创建代码的新时代。因此，我有一个想法，那就是如果把示教也当做一种程序，那么语言 AI 在其中会不会有很大的介入空间。

另一点，语言 AI 正以这样的形式迅猛发展，而语音识别以及部分图像，自深度学习问世以来，也实现了显著的发展。但这些技术并非无所不能，还有很多问题是它们无法解决的。要区分哪些问题在它们的能力范围内、哪些问题超出了它们的能力，关键在于对象是数字世界还是真实世界，而最终，这取决于前面提到的可以学习的数据有多少。

可以说，语言 AI 之所以能成功，原因在于找到了学习网络上的庞大文本的方法，而这些数据原本并非是为了 AI 而创建的。图像和语音识别的应用也是一样的，它们成功的理由之一就是处在能获取大量数据的环境中。

从自动驾驶汽车面临的困境不难看出，AI 应用到现实世界的进展还不太顺利。造成这种情况的主要原因之一是，我们收集用来创建 AI 的数据还远远不够，这也一定程度上可以解释 AI 的实际应用不尽人意的结果。

关于 AI 在机器人上的应用，还有很多必须解决的问题。



冈谷教授

刚才提到目前我们还落后于美国，但是从真实世界中 AI 应用的角度来看，我认为很难说世界上有哪一个国家是已经取得了成功。因此，日本还有很多可以研究的空间。还有，就是前面提到的数据的重要性。

虽然目前不知道有何用处，但无论如何也要将大量的数据存储起来，将来有可能变得很重要。我认为应该重视这一观点。以上是我的发言。谢谢各位。

社长：非常感谢您的发言。下面，请加藤本部长发言。

加藤：我是机器人软件研究开发本部的加藤。感谢各位专家教授一直以来给予我们的建议。此次，我们展示了利用协作机器人的手动引导示教再现人手动作的功能、持续强化后的高速散堆取出功能、还有使用 AI 的货箱检测功能等，这些新功能离不开教授们的指导。关于今天教授亲自体验的手动作业的提



加藤本部长

取、机器人的操作感等，我们将根据教授的意见，继续改良。

本次展览有一个共通点，那就是机器人学习人类技术经验来实现作业，比如作业本身以及货箱的识别等。今后，我们不仅仅要让机器人能模仿人类，而是会像冈谷教授提到的那样，着眼于升级收集数据、提取精华的机制，降低人机交流的门槛。我们将继续开发能够更轻松实现设备自动化的机器人，希望今后继续得到大家的指导。

社长：感谢加藤本部长的发言。还有一点时间，关于机器人的话题，大家还有什么想补充的吗？

安部：那就让我来谈谈关于数据的一些感想。正好跟数据相关联，发那科有一款机器人的 IoT 商品，名为零停机功能。目前正在从超过 35,000 台的机器人中收集数据。在介绍商品时也提到数据是宝贵财富，目前我们正努力通过收集到的数据开发各种功能。

虽然对于是否已经达到可以称之为 AI 的地步还存在疑问，但是全体研发人员正发挥各种创意，进行各种尝试，希望教授们继续为我们的工作提供建议。

社长：非常感谢您的发言。下面，回到正题，关于 FA，如果有新的意见请大家发言。



CRX 的码垛作业



CRX 螺丝紧固功能

羽田：那就由我来发言吧，我是硬件研究开发本部的羽田。坦率地说，我们硬件部门的研究开发人员总觉得自己的工作微不足道，但是听到教授说模拟电路技术还有很大的发展空间，是实现差异化的关键，我感到非常高兴。希望教授们能协助我们的工作，我们将在幕后为基本性能的提升做出更多贡献，还请多多关照。

社长：岩下本部长，您还有什么想说的吗。

岩下：刚才笹原教授在最后提到了关于传感器使用的话题。过去，我们在电机控制方面做了大量工作，除了位置和速度，还使用过扭矩和振动传感器，在对机床前端状态进行观测之后看到了极限。今后，希望能利用外部传感器，扩大适用范围。关于这个项目，希望能得到教授指导。

社长：下面，请福田本部长发言。

福田：我将谈谈节能方面的措施。此次发布的 α -D 伺服，无论是电机还是放大器，并不仅仅是改良，我们从头开始重新评估设计，实施了全面的焕翻新。当然，材料和设备都在不断改进，但我们也重新评估了电机和放大器的基本设计，减少了大约 10% 的损耗。在以系统形式提供产品时，对产品进行全面的重新评估非常重要。今后，我们也将继续推进重视节能的开发工作。我就说这么多了。

社长：非常感谢您的发言。

■ 智能机械

社长：接下来，我们将围绕智能机械展开讨论。首先，请社本教授发言。

社本教授：我是名古屋大学的社本。感谢发那科今年继续邀请我参加展览会。我也因此学到了很多知识。首先，从智能机械整体情况来看，此次产品性能切实地实现了提升，我觉得非常了不起。除了基本性能，在易用性方面，你们也不断取得进步。

比如 ROBOCUT，从基础开始重新评估，刚性和精度显著提升。虽然精度提升了好几倍，但成本却没有明显的上涨，因此，原本就有着出色性价比的机械变得更具吸引力，我觉得这些改变非常了不起。

然后，ROBOCUT 可以自动将电极丝插入孔中的自动穿丝功能我也觉得很有趣。我曾研究过如何自动将切削碎屑导入管道中，这需要确保百分之百的成功率。听介绍说，自动穿丝虽然不能达到百分百成功，但也接近这个成功率了。即使失败也能自动重新操作，我认为这是自动穿丝这一功能的厉害之处。

关于 ROBODRILL，其 Z 轴的加速度从 1.5G 提升到 2.2G，从而缩短了加工循环时间，这是一项显著的进步。

此外，还有很多其他的改善，例如 DDR 转速提升、实现类似立式车床的车削加工、以及增加行程等。然后，节能功能也得到了增强，通过对周边设备的细致控制，节能效果提高了数个百分点。每年都在逐渐进步这一点让我觉得

很了不起。

在功能方面，我认为有 2 点值得特别关注。第一点是“加工模式设定功能 2”。我认为这个方向很正确。

提升加工效率、减少内旋误差、减少振动等是一直以来都存在的需求，要满足这些需求，必须重新设定机床的加减速参数。而这三者的关系是无论优先哪一个，都会损害



社本教授

其他两个，因此，如果是对这方面不熟悉的用户，很难正确设定。而这项功能通过雷达图将三者关系可视化，让用户能简便地设定，我认为这是一个很正确的方向。希望发那科在这个方向上继续前进，根据用户的反馈，进一步提升功能。未来，除了定性的雷达图，还希望发那科能更进一步，逐步推进对定量部分的研发，比如，对内旋误差达到几十微米、振动达到什么水平、加工时间缩短几个百分点等进行定量。

我关注的另一个功能是专用 G 代码。根据介绍，这是从现场的加工技术中诞生的功能。发那科研发了很多有用的功能，例如减少 Z 轴振动、去毛刺循环等，如果只有 ROBODRILL 配备这些功能非常可惜。希望这些功能能通用化，应用到其他公司的 CNC 上。

另外，在各种功能都有提升的情况下，发那科在机床动作、能源消耗等方面投入的大量心血也让我印象深刻。脚踏实地、不断进步固然很重要，但是我认为这些基本性能的改善空间正在逐步缩小。去年我也提到过，或许与刚才菅原教授所说的监控的话题很接近，那就是，加工流程依然非常重要。就功能而言，包括 SSV 的颤振抑制功能、利用低频振动粉碎切粉的功能等。如果能更简单地或者自动使用这些功能，改善加工流程，比如通过抑制颤振，使加工效率翻倍，加工时间就有可能减半。这种加工时间的缩短很难通过 NC 的加减速设定实现，如果加工时间能相应缩短，能耗也会降低几十个百分点，效果将非常显著。当然，加工流程的改善并不容易，但还是希望发那科将这个课题纳入考虑之中。

最后，我还有一个想法。过去，我曾研究过镜面切削的课题，就是希望加工出如镜面一般美观的表面。而高精度的机床一定会增加成本。但如果只是改进加工品质，只提升表面精细度，保证美观，那么只需减少微振动即可，相比提升精度，这一方法对成本的增加很有限。我认为对于 ROBODRILL 这样重视性价比的机床而言，这是一个十分值得发展的领域。另一方面，我认为实现这种镜面加工

所需的周边技术也正逐渐成熟。比如，像精细表面处理技术这样的发那科 NC 的功能就属于这类技术，在工具技术方面，发那科也取得了一些研究成果，比如利用激光高效打磨低成本金刚石涂布工具，所以，我想未来一定会出现低成本的镜面加工、微细加工工具。随着这类周边技术的进步，我们将看到越来越多的可能性，因此，希望发那科能研究和实现这类机器的可行性。

以上就是我的发言。谢谢各位。

社长：非常感谢您的发言。下面，有请高次事业本部长发言。

高次：社本教授，感谢您今天提出的各种指导意见。我想根据教授的建议，谈一些感想。

首先，教授说我们现在针对智能机械所做的工作方向是正确的，这样的评价让我们感到安心。也是对我们的鼓励。虽然还有很多课题有待解决，但是我们将以明年的新产品发布展览会为目标，逐一将它们攻克。



高次事业本部长

今天，在听了您的建议后，我最深刻的感受就是如果能更进一步深入分析加工流程，或许能得到更多启发。

以 ROBODRILL 为例，我们对于刀具的知识还很浅薄，关于工件与机床间的关系，我们还需要做出更多努力。

然后是 ROBOSHOT，此次我们尝试了融合流动分析软件的模拟结果，但还需要进一步研究如何与实际现象联系起来，如何才能更方便地利用这一结果。

关于 ROBOCUT，未来我们的目标是缩短加工时间，让机床具备可用于零部件加工的加工能力。而我再次意识到，要实现这一点目标，必须充分分析加工流程的现象并实现突破。我们将回归原点，认真做好自己的工作。

其次，我意识到除了提供单独的机床，我们还可以向客户提供包含周边技术的单元式产品。非常感谢大家。今后希望继续得到教授的指导。

社长：非常感谢您的发言。下面，有请松村教授。

松村教授：感谢今天发那科的邀请。贵公司每年举办的展览会都让我受益匪浅。

让我印象深刻的是今年贵公司的开发进一步加强了以用户为导向的方针。让用户充分掌握机床的使用方法是

重要的，因此，发那科站在用户立场上，多角度推进开发工作，这一点我觉得非常了不起。

对贵公司而言，所谓以用户为导向，分为面向机床制造商的开发和面向终端用户的开发。首先，面向机床制造商，在你们介绍的 500iA 的开发中，为了充分利用硬件，你们对软件及其周边进行了全面的重新评估。从而让机床制造商能更简单地开发应用程序。

在 5 轴加工上的改良也很了不起，有助于数字孪生技术的进一步发展。其中，用于开发的用户接口、网络应用程序以及远程监控、报警的事前确认等都将有助于数字孪生技术的进一步实用化。另外，5 轴加工功能中我非常感兴趣的一点是可以将自动模式与手动操作结合起来。我个人从这个想法中得到了很大的启发。

另一方面，在面向终端用户时，发那科从多个角度出发，思考 ROBODRILL 的参数设定功能。现在很多中小企业都无法独立更改参数设定。因此，发那科尝试根据用途适用参数模板，非常有助于用户对机床的充分使用。此外，去



松村教授

年也介绍了根据作业台上的搭载重量更改参数的功能，今年，发那科进一步提升分辨率，让用户能够更详细地设定参数，而且还与加工模式设定功能关联，我认为这样的技术非常有助于减轻用户负担。

凭借这一参数设定功能，发那科的机床有望在切削状态可能影响加工表面损伤状态的加工中得到应用和发展，比如切削时需要避免硬脆材料破裂的加工。另外，听介绍得知使用加工模式设定功能后，可以获得美观的表面，但我认为这一功能在改善加工表面的同时，还会让刀具损耗出现差异。对用户而言，刀具的寿命非常重要，如果能够通过参数设定改善刀具寿命，将成为一个非常具有吸引力的功能。

关于 ROBODRILL 的环境应对，发那科提供了周边设备与油雾收集器的控制功能、休眠模式等各种功能，用户可以从自由中选择，这一点我觉得很好。并不只是提供功能，而是让用户能够自由选择功能，这正是以用户为导向的技术之一。

虽然加工模式设定功能很了不起，但是要凭借这一功能实现各制造商的差异化或许还有难度。能够实现参数的微调整是发那科技术的魅力所在，但今后，需要攻克如何进



ROBODRILL 展示

行微调的课题。最佳参数会受到机床所安装的刀具以及被削材料的影响，因此，如果机床能够感测刀具模型、被削材料模型，将有望实现性能的进一步提升。

最后，关于加工能力的高度化，发那科增加了Y轴的最大移动量，并从工序集约的角度出发，增加可搭载的刀具数量，从加工时间缩短的角度出发，将加速度提升至2.2G。而在加工多样化方面，展示了在作业台上安装车削主轴的研发成果。这些都是发那科为提升ROBODRILL加工能力所做的努力，可以感觉到发那科技术力的进一步升级。

作为让用户熟练使用机床的技术，除了硬件上的改良，今后还希望发那科能研究如何实现在机床上实现使用刀具与所加工被削材料的特性的模型化。

今天，很荣幸听到了你们对宝贵的开发技术的介绍，再次向你们表示感谢。

以上就是我的发言。

社长：感谢教授的指导。下面，有请佟本部长发言。

佟：非常感谢松村教授的发言。现在，我们面对的市场正发生着巨大的变化。因此，我认为企业要生存下去，就必须理解市场动向，迅速提供客户需要的东西。

关于加工模式设定功能中增加刀具模型与被削材料模型的提议，的确从客户角度来说是非常有必要的。今后也请继续指导我们的工作。



佟本部长

社长：非常感谢您的发言。下面，有请国枝名誉教授发言。

国枝名誉教授：感谢发那科今天的邀请。让我学到了很多知识。下面，我想谈谈我对ROBOCUT的感想。

首先是加工精度，慢走丝加工时，电极丝会振动，而且有间隙。在这种情况下，能达到 ± 1 微米的精度，我觉得非常了不起。而且是在上下导嘴与工件中间有空间的情况下确保 ± 1 微米的精度，真的非常厉害。

如果不刻苦钻研，是无法达成这样的精度的。在放电前，由于静电力的作用，电极丝会被工件吸引，而在放电时，反而会由于气泡破裂而产生排斥力。

因此，如果不维持好静电力与排斥力之间的平衡，就无法笔直切割，但发那科实现了从粗加工到精加工的优化，从而在最后实现高精度加工。妥善设定加工条件的过程很

不容易，其量化也非常困难。

有观点认为可以尝试使用AI或构建物理模型实现定量化，但是仅靠AI是有局限的，因此，希望发那科能尝试利用物理模型进行定量化。

另外，将像毛毛虫那样振动的电极丝的动作实现可视化是非常重要的。比如，直接观察电极丝动作本身固然重要，但把握放电点的分布状况也很有必要，随机分布代表最稳定的状态。

日本早在30年前就开始研究放电位置检测技术，这是一项非常重要的技术。最近在海外，瑞士的制造商实现了这项技术的实用化，看到日本落后于他们，我感觉非常遗憾，但是这项技术非常重要，希望发那科能积极投入进去。

如果能掌握放电瞬间的放电点，就能瞬间判断放电位置是否合适。如果位置不合适，就立即停止供电。这样，就能控制放电点，希望发那科能尝试研究这一课题。

但是，必须在1微秒以内的瞬间做出判断、停止供电，因此，难度很大，但还是希望你们能尝试一下。

然后，就是我每年都提出的问题，目前，放电痕迹的熔融体积中，只有百分之几会作为加工废料排出，剩余的会重新凝固，效率非常低。

我们知道，只需将排出量提升到10%，加工速度就会提升至原来的数倍，但是要找到具体方法并非易事。想要用1微秒的脉冲幅度控制放电波形、电压波形非常困难。

但是，电力电子科学迅猛发展，希望你们能多做尝试，比如通过稍微改变波形来提升清除效率。谢谢各位。

社长：国枝名誉教授，感谢您的发言。下面请藤元本部长发言。

藤元：大家好，我是ROBOCUT研究开发本部的藤元。国枝名誉教授，您一直为我们通过研究放电现象提升放电加工机性能的工作提供学术手法上的建议，非常感谢。

正如教授您所说，把握工件与电极丝之间的吸引力与排斥力、检测放电位置、提升放电后熔融部的清除量从而提高加工效率，这些问题正如刚才高次也提到的，是直接关系今后加工精度提升、



国枝名誉教授



藤元本部长

生产效率提升的重要开发课题。今后，我们也将通过把握放电现象，创造更多成果，提升机床性能，希望继续得到您的指导与协助。非常感谢各位莅临参加。

社长：非常感谢您的发言。下面，有请梶原教授发言。

梶原教授：大家好，我是东京大学的梶原。去年是我第一次参加座谈会，今年再次受到邀请，非常感谢。

下面，我将以 ROBOSHOT 为中心发表自己的感想。首先，我记得去年展示的重点是网络系统，而今年的主题是环境应对，在回收利用和节电等很多紧跟世界潮流的内容方面，都展示出发那科在多个方面的进步。再次感谢各位提出的宝贵意见。

而我主要想聊一聊环境应对方面的内容。首先是关于回收利用，发那科演示了用再造颗粒材料制造智能手机精密零部件镜筒的过程。

虽然发那科很谦虚地表示“会出现一些缺陷”“相比一般材料，用再生颗粒材料制造的成品容易出现缺陷”，但是从缺陷数量上看，并不逊色于一般材料，这一点让我印象深

刻，期待这项技术未来有更显著的发展，希望明年以后，还能看到更多相关的展示。

另外，在粉碎材料上，发那科也采取了一些行动。此次展示的汽车连接件是一种中空结构的零部件。虽然粉碎料相比再造颗粒材料缺少一些稳定性，但是我认为这方面的研究非常有发展前景。

关于再生材料，发那科还介绍去年他们采用了加深螺杆沟槽的设计，以此提高计量稳定性。今年，在这一进步的基础上，发那科通过反复钻研，改进了粉碎剂的混入，实现了稳定性，这种技术上的不断进步非常吸引我。

在再生材料的演示中，制作了智能手机镜筒的精细样品，而它的模具正是用 ROBOCUT 制作的，这展现了公司内技术的充分联动。

关于粉碎料的成型，实际上，模具内部是中空结构，必须通过模具抽芯才能脱模成型，而在这种模芯的控制中，使用了贵公司的伺服控制，在模具闭合前移动模芯，将模



梶原教授



ROBOCUT 展示



ROBOSHOT 展示

芯推入模腔再进行成型，以此加快了循环时间。

另外，去年还是 2 轴的伺服，今年升级为 4 轴，能够进行更加复杂的动作，期待其今后在更广泛领域中的应用。而这一装置是在 ROBOHOT 中由贵公司的伺服控制模具，再由贵公司的协同作业机器人负责取出，成品的评价也是通过贵公司的图像处理技术进行的，也就是完全由发那科一条龙完成，所以用户使用起来也会很方便。

在节电方面，去年展示了利用料筒保温外罩，加热器用电量削减 11% 的效果。今年，新增了保温外套，进一步节省了 10% 的用电。

一开始，樋口名誉教授就说 10% 是一个很大数字，但是发那科连续 2 年节电 10%，是非常了不起的成果，我认为你们并不是单纯地引入保温套，而是经过精心设计，提升了保温性，最终取得了显著的节电效果。

除了环境应对以外，还有可以在注塑机画面上查看模拟结果，以确保与实验一致的功能，这对用户而言也非常有用。

未来要应用这项技术，必须提升工作站机器的功率，但如果能将实际成型时的结果直接通过模拟进行分析，再将数据反馈到下一次成型中去，这就会成为数字孪生的未来

形态。现在或许只能等待机器功率的提升，但是期待几年后看到这一技术的应用。

另外，发那科还在画面中增加了内锁通知功能，我想这可能是今年新增的功能。这项功能将按序列管理机器流程，检测因用户操作失误或其他原因而停止发生的事件，推测原因并通知用户。我认为这个功能对用户而言非常有用。

但是据了解，目前智能机械中只有 ROBOSHOT 配备了这一功能，希望其他机器也能引入。

首先，是关于用伺服控制模具，去年的 2 轴伺服到今年升级为 4 轴，我想现在应该可以应对很多复杂的动作。今后，关于用伺服控制模具的技术将有怎样的发展，希望发那科能介绍一下。

另外，关于节电，去年和前年都取得了很大的进展，而我想了解的是这个领域是否还有进一步发展的空间。全球电费都在上涨，这个情况非常致命，即使只有 1% 的改变，也会有很大的不同。

最后，此次我主要参观了再生材料相关的展示，EU 有相关的法律法规，比如，规定包装中至少使用 10% 的再生材料，

有这样的需求，技术也容易被接受。但是，日本国内还缺少这样的法律法规，如果没有一定的好处，比如使用再生材料可以降低成本，将很难推广。而此次，贵公司展示了你们在再生材料方面的举措，希望贵公司能介绍一下你们是以什么为动机，在日本国内发展相关技术的。我就说这么多了。

社长：非常感谢您的发言。下面，有请内山本部长发言。

内山：大家好，我是 ROBOSHOT 研究开发本部的内山。感谢梶原教授今天一天对我们的支持。首先，关于再生材料，过去再生材料几乎都用于容器等日用品，也就是所谓的通用成型品。但是在此次的展览会上，在与连接器制造商的交流中，我们了解到精密连接器已经开始部分使用再生材料了。而精密成型领域正是我们最具优势的领域，因此，我认为我们必须加强再生材料在精密成型中的应用。我们将从功能开发、成型技术两方面着手，加大支持力度。



内山本部长

其次，关于节能，此次，我们通过加热器的隔热外套实现了大幅节能，但加热器还需要进一步强化隔热性能，因此，我们将继续推进这方面的开发。以电动注塑机为例，伺服的电动化推动了驱动部的节能，最终加热器的用电量占全部用电量的 5 到 6 成。伺服的节能固然重要，但作为注塑机，加热器的节能同样关键。从这个意义上来说，我们希望将教授今天提出的指导意见应用到今后的改良工作中。

最后，关于模具的电动伺服化，电动伺服化的目的首先是利用伺服实现复杂动作，从而摸索在新形状成型品上的应用。另外，电动伺服化也有助于节能。我们将与模具制造商合作，让能够发挥电动伺服优点的模具得到广泛应用。我们将继续全力推进环境应对、节能方面的工作，希望今后继续得到教授的指导。

社长：非常感谢您的发言。以上就是以 FA、机器人和智能机械为主题的讨论。

■ 总评

社长：最后请新野教授进行总结。有请。

新野教授：今年也有幸受邀参加了发那科的展览会和座谈

会，非常感谢。久违地参观了 FA 领域的最新商品和最先进技术，并和大家自由交换意见，度过了非常愉快的时光。由衷感谢发那科为我们提供的宝贵机会。

今年，我在整个展览会的会场逛了一圈，大致了解了最新的 FA 和机器人技术的开发情况。因为这个难得的机会，我也思考了一下我们应



新野教授

该如何应对“打造智能工厂”的社会课题、需要解决哪些难题。此次的展览会正好是一个展示“发那科公司理想中的智能工厂及构成智能工厂的先进系统模块群”的平台。

对于发那科公司提案的智能工厂，我们可以理解是“将一系列智能机械与包含 IoT、AI 的综合软件功能有机结合并充分利用，实现生产流程优化、生产效率提升、高品质化、节能化等的工厂系统”。

展示内容的核心——伺服技术以及以各种智能机械为代表的先进系统模块群，正如本次座谈会上各位教授举例发言的那样，已经是高度完善的产品和技术了。它们经过发那科公司多年来的研究开发流程，形成了成熟的产品群，因此要找到新的研究开发要素并不容易。

但是，关于智能工厂应具备的基本功能，过去，日本国内外都进行过各种讨论。在此，我将它们整理、概括为以下 5 个基本功能，并将简单向大家介绍。我个人认为它们都与展览会的展示内容密切相关，而且优先度比较高。

首先，第一项基本功能就是“网络物理系统 (Cyber Physical System, CPS)”。CPS 是通过将物理空间 (即现实世界) 与网络空间 (即计算机上的虚拟世界) 连接起来，在制造工序中创造全新价值的系统技术，必须依靠 IoT 等实现物理空间与网络空间的同步。实现 CPS 后，就有望实时对整个智能工厂进行模拟，同时高效共享信息。最终，系统状态监控、热位移抑制与补偿、自我诊断、自我修复等功能都将成为可能。实现这一基本功能的系统模块有“FANUC Series 500i-A”和“实现数字孪生的 Smart Digital Twin Manager”等。

第二项基本功能是“IoT 和 AI 的利用”。借助 IoT、AI 利用智能工厂中的设备、传感器、控制系统，有望实现生产工序的高度自动化，同时，也能实时收集、分析数据。由此，生产工序的状态监控和优化等都会变得简单，预测性保全、维护、品质管理等都将成为可能。可实现这一基本功能的系统模块有“FIELD system”、可实时收集、分析数据的“AI 伺服监视器 on MT-LINKi”等。未来，这一基本功能应该

会推广到整个系统模块群中吧。

第三项基本功能是“人与机器人的协同作业”。基于人类与协作机器人的特性的考虑，通过实现人类与协作机器人之间的功能互补的最理想化的协同作业，有望实现生产工序的高度化、灵活化和优化。而实现这一基本功能的系统模块包括有“协作机器人 CRX 系列”等，通过手持引导示教再现工匠的技术。

第四项基本功能是“数字生态系统”。通过在系统间对生产相关的所有数字数据进行信息共享，有望实现生产管理、库存管理、产品可追溯性的改善及节能化。实现该基本功能的系统模块有“节能新一代伺服系统 α -D series SERVO”等。

第五项基本功能是“物料与信息的一元化”。通过物料与信息相关数据的一元化，生产数据、应用程序将得到高效的处理、存储，并可用于参照。如此便能提升远程访问的速度、增加可扩展性等。包括工序设计、作业设计在内，传统的生产体制有望全面焕新。实现这项基本功能的系统模块有“通过运用数字数据助力制造现场智能化的 FIELD system”、“配备先进边缘功能的 CNC Series 500i-A”等。

我听说智能工厂的构成要素、系统模块群，作为高度完善的硬件商品和软件商品，或已投入市场，或计划在不久的将来投入市场。希望今后“智能工厂的实现”进一步加快。将发布的新商品、新技术与智能机械产品群组合、结合在一起，以覆盖素形材、零部件加工、激光系统的表面处理、协同作业机器人的组装、涂装、最终产品检查的一条龙生产线为目标，构建紧凑的智能工厂，开展实证实验，这对于未来加速向客户启蒙、普及智能工厂非常有帮助。我认为最终，这将推进客户对于智能工厂的理解与启蒙，为预期目标，即增强日本制造业的国际竞争力做出重大贡献。

最后，我代表出席今天座谈会的教授们，向推进展示会和座谈会准备工作的发那科员工表示由衷的感谢。作为发那科的一名支持者，衷心祝愿贵公司未来日益繁荣昌盛。谢谢大家。

社长：感谢新野教授的总结。最后请稻叶会长致辞。

会长：新野教授，感谢您的发言。也感谢今天出席座谈会的各位教授。感谢新野教授以及各位教授，从各个角度出发提出指导意见和建议。

首先是基础商品 CNC 系统，我们展示了 20 年来硬件、软件首次实现完全焕然一新的 500i-A。

并且，它与配套开发的 α -D 组合后，还能发挥出更高性

能。未来有望实现通过网络与机械加工工厂的机床相连，从独立机械到全局都达到最佳状态的 CNC 系统。

今天，得到教授们肯定的“易用性”，也是此次展览会的重要主题。我们通过数字世界中的调整、设定、模拟等开发出可以在 NC 上简单使用的功能。由此，让机床制造商、终端用户都能轻松发挥机床性能，这就是我们产品的重要特色。

另外，也感谢大家对于 CRX 设计的称赞。CRX 与人协同进行作业，如果人感到不适或者恐惧，就无法共同作业，所以，我们把实现对人友好的外观设计放在第一位。另外，NC、机器人、智能机械如果只注重性能，但外观设计平庸，就无法成为成功的商品。我们自认为在外观设计上花了很多心血，所以非常感谢大家能给出肯定的评价。

当然，在节能方面，我们也做出了最大限度的努力，但是未来的道路还很漫长，因此，未来我们将继续脚踏实地地提升产品的节能性能。

最后，关于新野教授提到的智能工厂方面的措施和云计算技术，我认为是非常有建设性的意见，我们将推进这两方面的工作。但也有很多客户不愿意使用云端，所以打造本机端的系统也很有必要。此外，我们无法独立构建云计算，所以正与富士通株式会社、NTT（日本电信电话株式会社）等合作伙伴共同推进。关于本机端系统，我们采用的是双线作战的策略，对于现场获得的信息，或上传至云端，或在工厂完结。

遗憾的是，今天还不能向大家展示成果。我们正在幕后努力推进开发工作，希望能在产品完成后再投入市场。

现在，全公司正全力构建运用数字技术的智能工厂。希望明年能向大家展示比今年更进一步的新技术、新商品。希望继续得到各位教授的指导。

社长：各位教授，今天从展览会开始，已经占用了大家很长时间，非常感谢大家的指导。我们将根据今天的指导意见，继续推进新商品、新技术的开发。谢谢大家。



稻叶会长



发那科株式会社

FANUC CORPORATION

邮编 401-0597 山梨県南都留郡忍野村忍草 3580
www.fanuc.co.jp