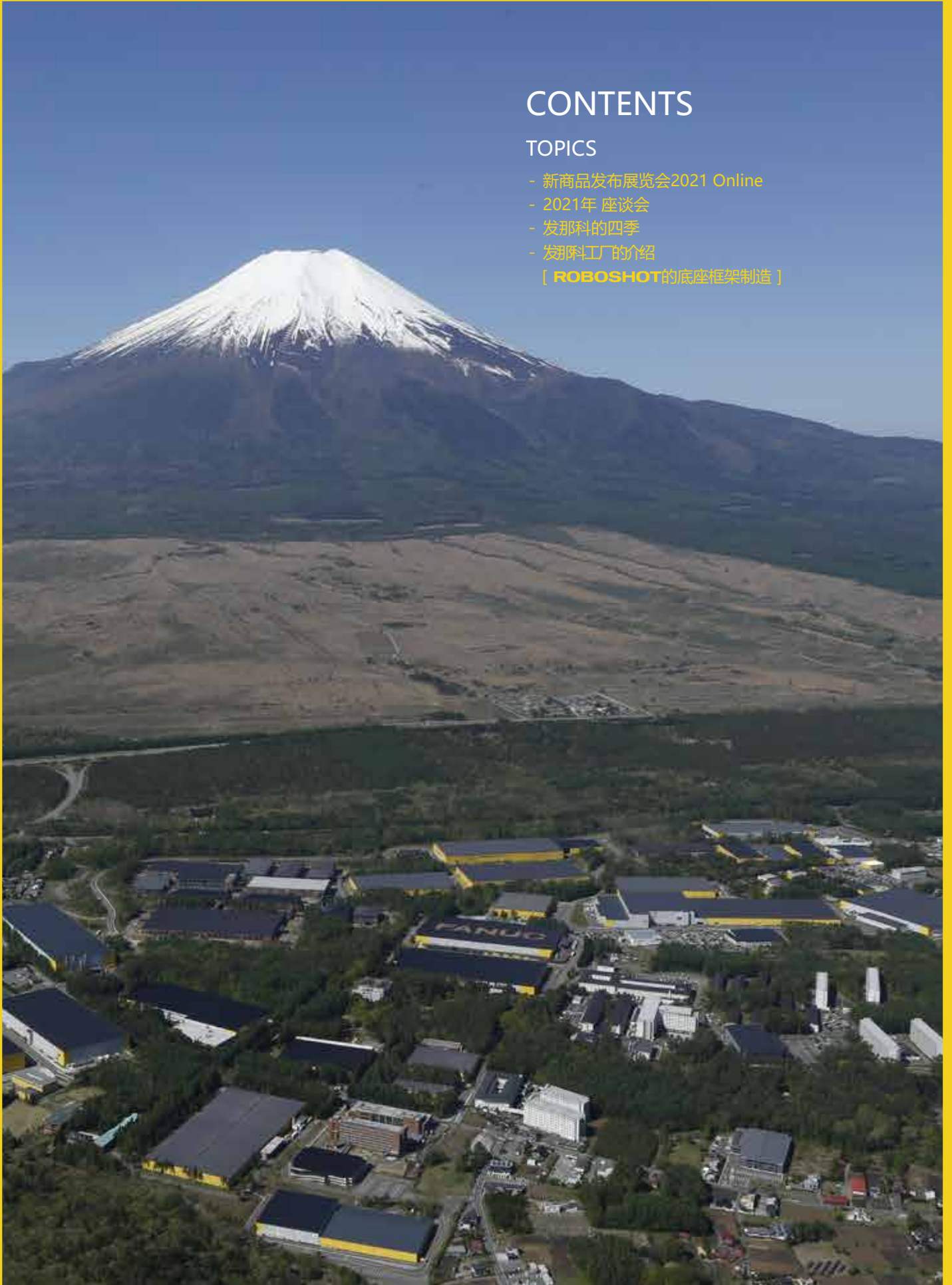


CONTENTS

TOPICS

- 新产品发布展览会2021 Online
- 2021年 座谈会
- 发那科的四季
- 发那科工厂的介绍
[**ROBOSHOT**的底座框架制造]



新品发布展览会2021 Online

2021年6月14日（周一）~25日（周五）的12天期间，发那科首次在线举办了新品发布展览会。很多往年由于路途遥远或身在海外而不能参加总公司实体展览会的客户也纷至沓来，展期内共计吸引了9,856名客户光临。

和通常的实体展览会一样，本公司首先在说明会上介绍了展览会的看点，然后引导大家进入FA、机器人、智能机械、IoT、服务以及学院等各个专区，观看各自感兴趣的内容。

参加过展览会的客户评论在线展览会的优点时说：“实体展览会总是人山人海，因此很难靠近展品听取介绍，而在线形式却能够很清楚地听取介绍，感觉很不错。”



FA

在FA专区，除了CNC、伺服、激光相关的功能强化展览之外，还介绍了数字技术的应用、与机器人联动的自动化技术等多个领域的新商品和新技术。“数字孪生概念”、“FANUC iPC”、“CNC-QSSR”等引起了众多客户的关注。



机器人

在机器人专区，作为“新手也能简单使用的协同作业机器人”，我们介绍了CRX的功能和应用实例。

另外，还介绍了“远程激光焊接机器人”、“可搬运20kg的SCARA机器人”、“高速冲压机器人”以及“近距离测量3D视觉传感器”等新商品。

其中CRX备受瞩目，也有很多客户对弧焊软件包颇感兴趣。



智能机械

在智能机械专区，我们介绍了新商品“ROBODRILL α-DiB Plus系列”、“ROBOSHOT α-SiB系列”、“ROBOCUT α-CiC系列”以及ROBONANO的新功能“Smart M-Form”等。同时，作为在线展示的特别企划，我们还展出了“智能机械360°全周视频”。客户可以绕机械一圈，从自己喜欢的角度观察商品，这一点备受大家好评。



IoT

在IoT专区，除了MT-LINKi的新功能和FabriQRContact的应用提案之外，我们还介绍了FIELD system的最新功能以及日本国内外的导入实例等。



服务

在服务专区，我们介绍了日本国内外的服务体制、服务活动的内容，以及在提高运转率和终身维护方面所采取的措施等内容。



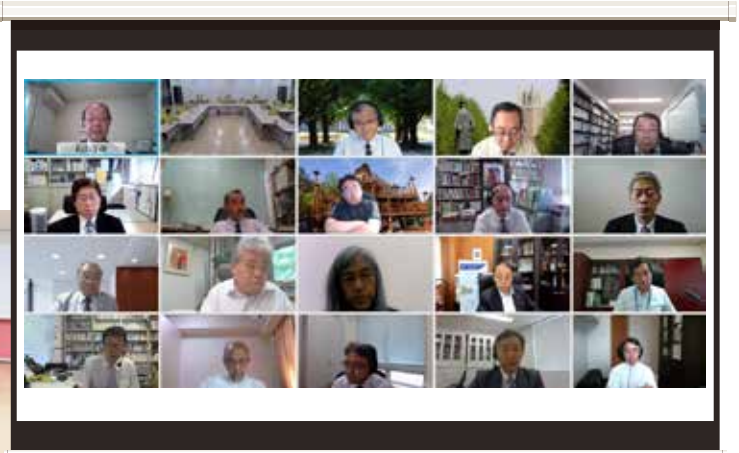
学院

在学院专区，除了传统的“发那科学院讲座”之外，我们还介绍了新推出的服务“直播讲座”和“录播讲座”，说明了FA、机器人、智能机械、IoT等各项技术培训的内容。



2021年 座谈会

我们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参加了从6月14日开始举办的在线新商品发布展览会，之后，在6月18日举办了在线座谈会。



● 出席人员

■ 新商品发布展览会 整体讲评	.....	P 5
东京大学 名誉教授	樋口 俊郎	
■ FA	.....	P 6
神戸大学 教授	白瀬 敬一	
庆应义塾大学 教授	青山 英树	
东京工业大学 教授	高木 茂孝	
东京理科大学 教授	堀 洋一	
京都大学 教授	松原 厚	
大阪大学 教授	田中 学	
东京农工大学 教授	笹原 弘之	
职业能力开发综合大学 校长	新野 秀宪	
■ 机器人	.....	P15
东京大学 教授	浅间 一	
早稻田大学 教授	菅野 重树	
东京大学 教授	佐久间 一郎	
东京大学 特聘教授	石川 正俊	
■ 智能机械	.....	P20
东京电机大学 教授	松村 隆	
东京大学 教授	國枝 正典	
名古屋大学 教授	社本 英二	
理化学研究所 主任研究员	大森 整	
东北大学 教授	厨川 常元	
■ 総評	.....	P25
庆应义塾大学 教授	青山 藤词郎	

(按发言顺序排列)

发那科株式会社	
■ 代表取缔役	
代表取缔役会长	稻叶 善治
代表取缔役社长	山口 贤治 (座谈会主持人)
■ FA	
FA事业本部长	野田 浩
硬件研究开发本部长	桥本 良树
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
激光研究开发本部长	西川 祐司
■ 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	内田 裕之
ROBODRILL研究开发本部长	佟 正
ROBODRILL研究开发本部长	高次 聪
ROBOCUT研究开发本部长	藤元 明彦
ROBONANO研究开发部长	洪 荣杓
■ 事務局	
研究开发推进・支援本部长	松原 俊介
研究開発推進・支援本部长助理	須藤 雅子

(上述各位担任的职位为6月18日当时的情况)

社长：

非常感谢各位在百忙之中抽出宝贵时间参加今天的座谈会。我是发那科的社长山口。往年，我们会在实体展览会期间相聚，在座谈会上畅谈。但此次，由于受新冠疫情影响，出于安全与健康的考虑，改为以在线的形式举办公司内部展览会和座谈会。2020年4月的公司内部展览会



山口社长

和座谈会因为新冠疫情急速扩散等原因，不得已而中止。此次以在线的形式举办2019年4月以来时隔两年的公司内部展览会，并非是为了给公司内部施加压力，而是因为我相信我们的技术积累已足够深厚。

关于在线的展示方式，过去一年我们进行了各种尝试和努力。我想各位专家、教授会比我们更加习惯在线的方式，所以请大家不吝赐教，多给我们意见及指导，我们将不胜荣幸。非常感谢大家。

■ 新产品发布展览会 整体讲评

社长：首先，请樋口教授对在线公司内部展览会的整体情况进行讲评。

樋口教授：本次展览会的新商品有2年的份量，虽然不是实体展览，但是我还是满怀期待地观看了发那科的研发成果。

首先，从整体来看，虽然有碍于在线形式的限制，但各种展示和说明都非常简洁易懂。往年的实体展览会经常是花2~3小时却看不完展览的一半内容，但是在线形式却可以



樋口教授

利用自己的空闲时间，基本可以看完所有内容。

我注意到虽然很多展品并不是新产品，但却不为我所知。能看全部内容，这一点我感觉很不错。让我受益匪浅。

进入展览会的主页后，首先映入眼帘的便是展示内容，所以我从各具体的展示开始观展。之后，进入技术说明会页面，又听取了各事业本部的说明。在技术说明会上，FA、机器人和智能机械各事业本部对展示概要、展示目的等都做了充分的说明。

对此，我建议引导观众在浏览每个展示之前，先观看说明会我觉得今年整体商品开发的关键词是“易用性”。在FA专区，以“事物的进化与创新”为标题，展示了发那科在数字孪生方面开展的多项工作。

但是，对数字孪生这个现在的流行词，我个人并不是很喜欢。因为这种创造新词汇、让大家以为是新概念的做法，很容易引起人们的困惑。这个词很可能在4~5年后就会消失。因为这其实是一个再普通不过的概念了。随着电脑、数字技术的发展，我们已经进入了一个能够以一定程度的较低成本来高速处理大量数据的时代，这种思路从前就有。

而发那科也从过去开始一直在致力于数字孪生方面的工作。虽然作为产品，还没有发展到未来的理想形态，但各种基于真实世界与模拟世界概念的新商品却早已问世。

瞬间就能实现模拟的模型世界与现实世界间交流的时代即将到来。如果是这样的话，那么，在现实中充分了解机械正常运行以及加工现象将变得至关重要。

在FA的研讨会上，将论述的重点放在真实技术上，我认为是非常正确的。而真实世界与电脑上的世界频繁交流，其关键在于传感器的开发。展览会上也向大家展示了发那科开发的3D视觉传感器、超精密加工的机载测量用接触传感器等产品，希望贵公司能更加积极地推进这类传感器的开发。

其次是关于机器人，这次展览会上最吸引人的当属机器人了。或许机器人比较适合在线展示。我充分了解到协同作业机器人已被广泛应用、熟练使用。发那科协同作业机器人的特点是在机器人中内置了高度灵敏的力觉传感器，可以测量与人接触时的力量大小。发那科展示了机器人在进行组装作业时，通过这一传感器检测作业时力量的场景，我觉得这个立意非常新颖。关于智能机械，我了解到除了提升性能之外，发那科还大力改进了其易用性。虽然在展览会上没有介绍，但去年，ROBO-SHOT凭借“超精密小型塑料零件用全电动注塑成型机的开发”这一论题，荣获了大河内纪念生产特别奖。这个生产特别奖是大河内奖中最高级别的奖项，获此殊荣，说明ROBOSHOT对精密零件生产所做出的贡献得到了高度肯定。

发那科所涉足的商品很多，但各商品开发部门之间的协调联动性却有所欠缺，数年前我曾经指出过这个问题。从此次的展示来看，我觉得三个事业本部的技术融合有了切实的发展。

明年，新冠疫情大概就会平息了，希望届时发那科可以举办实体的展览会。还是实体的展览会更好。此次的在线展览会提供了让我们重新认识实体展览会的机会，也让我们了解到了实体展览会的优点和不足。我期待明年结合实体和在线两种形式的优点，举办一场更加成功的展览会。我就说这么多了。

社长：感谢樋口教授全方位的评价。您的建议很具参考价值。

■ FA

社长：下面，第一部分，我们将围绕FA展开讨论。

首先，请白濑教授讲话。

白濑教授：我是神户大学的白濑。今天，感谢发那科邀请我参加这场座谈会。以往，我在座谈会上的发言顺序总是排在后面，所以有时间一边听大家的发言，一边思考。不过，今天紧接着樋口教授，第二个发言，没有过多的时间思考，所以真的很紧张。刚才樋口教授提到，将各主题的介绍与观看说明会的顺序对调一下比较好，而我碰巧是先看了说明会。



白濑教授

在观看说明会后又浏览了各主题的介绍，感觉所有的发表和资料制作都是以“事物的进化与创新”这一FA的共通主题为导向的。

说明会的主题分为FA、机器人和智能机械三个方面，却没有关于IoT和FIELD system的说明，这让我觉得有些遗憾。我想可能因为是事业本部制作的说明会，所以没有关于FIELD system的说明。但如果涉及到通过数字化转型来改变生产现场，从而达成“事物的进化与创新”这一主题的目标，那么与上级系统的联动、熟练运用网络的方法以及信息安全等方面就变得非常重要了，因此，希望加入关于FIELD system的说明内容。

其次，今年是在线举办的展览会，所以我花了比往年更多的时间观看了各个主题的介绍视频。在线展览会兼具优缺点，大家可以选择自己喜欢的时间观看、反复观看，因此，发那科想要传达的信息能够毫无遗漏地传达给观众，这是优点。但有疑问时却不能立即提问，这是在线形式的缺点。我和樋口教授的意见一样，还是希望明年能面对面地举办展览会。

特别让我感兴趣的内容是CPU性能的提升令CNC有了非常大的进步。刚才提到了数字孪生的话题，由于CPU的高速化，前不久还办不到的事情现在可以轻松实现了，例如精细表面处理技术和高效加工技术实现了一个等级甚至两个等级的进步，令人印象深刻。在CNC的数字孪生概念方面，对于从帮助用户的角度出发，在机床的设计、加工、维护方面如何为用户提供具体帮助，发那科考虑了各种方法，这一点给我留下了深刻印象。

我本人多年来从事机床智能化、自主化的研究，因此十分关注NC程序的优化。过去，对机床的要求是要能够准确地按照NC程序运行，但是我们已经认识到，即使准确地按照NC程序运行，加工结果也无法与CAD数据一致。因此，在NC程序优化时，CNC会利用CAD数据对NC程序进行修正，从而使加工结果更接近CAD数据。这是一种非常有效的方法。但正如我以前提出的那样，准确按照CAD数据运行才是对机床应有的基本要求。

驱动机床要靠NC程序来实现，对于发那科也无法摆脱这一时代潮流，因此我认为这也是一种迫不得已的方法。但是，我认为无需舍弃用NC程序驱动机床这种传统的方法，可以从另外的角度着手，比如发那科的CNC可以利用CAD数据驱动机床，因此，可以实现非常精细的加工面、或可以缩短加工时间等，这样就能展现出一个全新的世界。

此外，我认为CNC GUIDE与加工面推测模拟的完成度很高，也观看了展示。CNC GUIDE是考虑了驱动轴的加减速，正确模拟加工时间与刀具移动位置的功能。加工面推测模拟是无需加工就能获取真实机床的刀具位置信息，详细推测加工面的功能，但遗憾的是，使用这一功能时需要机床空转。它是通过机床空转获取刀具位置信息的，因此能准确模拟机床的动作，但我希望在这一点上能进一步实现升级，做到无需空转也能正确预测刀具的位置信息。

另外，我认为虽然CNC GUIDE与加工面推测模拟是非常方便而有效的工具，但目前好像只能用在机内CNC上。从用户角度来说，可能更欢迎在机外的PC上实现准确模拟。退半步来说，能在发那科产的IPC上运行也很不错。

然后是关于易用性问题，创建NC程序的引导支援是采用图形方式，非常直观，即使操作者不懂G代码或者M代码，也能创建NC程序。G代码和M代码有着悠久的历史，但很多年轻人并不熟悉，如果能像玩电子游戏那样创建NC，就无须关注背后的逻辑了，所以我希

望发那科能持续不断地对这种用户界面进行升级改进。

还有一点让我震惊的是高动态车削功能。它不是单纯地驱动车削刀具，而是一边改变车削刀具的角度，一边控制直线轴与旋转轴，这是一项支持全新加工技术的功能。如果用最近的CAM来说，我认为它与熟练运用圆锥筒形铣刀等新形状工具的加工技术属于同一类。但如果CNC能实现这一功能，就不再需要CAM了。从发那科的角度来说，要脱离CAM可能相当困难。但正如我刚才所提到的，希望你们研发出只要有CAD数据，就能脱离CAM、实现高精度加工的技术。

最后，我还观看了IoT和FIELD system主题的介绍，进步非常显著，各种实例介绍也很丰富。现在，边缘、雾端等机床、CNC关联技术的进步令人瞩目，为了与云端供应链和调度功能联动，实现“事物的进化与创新”，希望发那科能充分运用FIELD system，向全世界展示发那科描绘的新型制造蓝图。

社长：感谢白濑教授的发言。那么野田事业本部长有什么想法吗？

野田：感谢白濑教授的发言。您的发言涉及了很多方面，不能全部做出回应，但此次，FA以数字孪生为主题，将焦点对准了“事与物”中的事。它是在数字世界中处理CNC的大量信息，再送回到现实世界的一种概念，通过在数字世界中构建虚拟机床，并与真实机床进行信息交换，从而提升虚拟机床的精度。最终，在数字空间中可以实现接近于实际加工的操作，带来难以估算的巨大效果。



野田事业本部长

在加工面推测方面，正如您所指出的，现在，我们通过空转的伺服数据来分析其中包含的信息，进而推测加工面。下一步，我们将考虑从伺服数据中获取实际机床的特性，让虚拟机床的特性接近于实际机床，从而不仅实现虚拟机床的加工，还要完成对实际加工面的推测工作。

我们希望将加工面推测功能应用于更广泛的领域，首要就是实现与CNC模拟技术的联动。正如樋口教授所指出的那样，数字孪生的概念实际上早已被普遍应用了。例如，在我们的CNC操作中，有一个使用模拟器确认程序动作的流程，这个流程本身就是与数字世界中技术的联动。因此，实际上，这个概念或许与过去相比并没有什么改变，但是，近年来，随着网络技术及IoT、AI等数据导向技术不断进步和应用，其可能性也在不断扩大。

要在数字世界中处理真实的信息，网络机制非常关键。例如，对于连接真实世界与数字世界，在数字世界中再现真实的数据等问题，像FIELD system这样的边缘平台便会越来越凸显其重要性。发那科将在机床的生命周期中引入DX和数字孪生的概念，追求加工性能，并为实现现场优化和前所未有的便利性做出贡献。

我的发言到此结束，谢谢各位。

社长：非常感谢您的发言。下面，请青山英树教授发言。

青山（英）教授：我是庆应义塾大学的青山英树。请大家多多关照。往年我一直很期待发那科的展览会，今年，感谢发那科继续邀请我参加。今此次，是发那科第一次举办在线展览会，也是我第一次参加在线展览会，一开始非常好奇，实际参加后，感觉比往年更让人安心，因为我可以



青山（英）教授

花更多时间观看自己负责领域以外的展示，体验很好。但观看时注意到的一些问题不能通过对话交换意见、获得反馈，这方面让人有些遗憾，但所幸的是，发那科提供了像今天这样能交换意见的机会，十分感谢。我是负责FA的，所以谈一谈FA技术中尤其让我关注的技术。

首先是关于高速CPU的搭载问题，高速CPU具有超高性能，微小线段处理能力是普通的2.5倍，宏运算处理能力达到1.8倍，预读取程序块数达到2倍。我对2.5倍的微小线段处理能力尤其感兴趣。非常期待能凭借这一功能，在汽车外壳的车身模具加工这种曲面加工中实现高速高精度。如果有能够发挥高速CPU效果的加工实例，请务必告诉我。比如，能否在汽车外壳模具的曲面加工以及铝压铸模具等十分复杂的微细形状加工中，实现高速高精度，我对此非常期待。

另外，作为外行人的想法，期待将这种高速CPU功能与高精度编码器、高精度伺服组合，从而实现刮齿加工的高精度化。现在，刮齿加工已经得到了实际应用，但还难以用于最高品质的齿轮生产，所以我在考虑能否将这项技术用于这个领域。

然后是关于数字孪生概念。刚才也提到了数字孪生的概念只是旧瓶装新酒，但这个词却非常令人激动和期待。我认为最关键的这一概念将让数字世界与真实世界的分界线变得越来越模糊。所以，发那科必须与CAD、CAM、CAE等相关软件的制造公司合作，而FIELD system也将因此变得越来越重要。

另外，我认为凭借发那科擅长的将真实世界中的伺服信息导入数字世界这一技术，可以在数字世界中正确构建真实的工厂状况，使数字世界的品质得到显著提升，因此，我希望发那科能尽早将数字孪生概念具体化、实用化。

此外，我更加期待的是对于在数字孪生中，使用SERVO VIEWER识别伺服位置信息，从而高精度地推测接近于实际加工面的功能。

如果能在实际切削前评估加工面，修正缺陷，尤其是对于模具制造商来说，这项技术将成为强有力的武器。如果能实现这一点，它将成为研发CNC和伺服的发那科的巨大优势。如果进一步发展这项技术，除了伺服信息，还反映出机床动作中诸如滚珠丝杠的扭转刚性、刀具弯曲、刀具磨损、刀具振动等机械特性，就能实现对加工面的真正模拟，那么它将成为对机床制造商和模具制造商而言都非常有用的工具。如果能事先预测加工面的缺陷，在加工前修正加工条件，那就真的是太棒了。

这个主题也是我负责的模具技术协会开展的模具加工技术调查研究会的主题，在模具加工现场中，除了加工面上意外产生的划痕、模具的特殊形状、特征线的精度之外，加工面上形成的意料之外的表面性状也备受关注，模具加工现场人员的砂轮使用情况也是加工面评价的项目，因此，如果能通过这种模拟提前进行加工面评价，会非常有帮助。

接下来是精细表面处理技术问题。我关注的是其中的加工程序优化技术。优化的最小设定单位从0.1微米到1纳米，这一点从原理上或理论上来说或许是能够实现的，但是因为加减速控制导致速度低下的问题，我认为必须对现实加工与进给速度的关系进行优化，因此，希望发那科能研发出自动优化的功能。

其次是利用CAD数据，根据大致的离散点，即零位通过点推测目标形状，我认为重要的是如何使这一功能与数字孪生功能充分连动。根据伺服向导的信息，表现立体的加工面，进而推测加工形状这一功能非常好。这种推测的形状与CAD显示的要求形状之间的差属于运动误差，但是我希望今后能根据运动误差信息，自动进行路径补偿，从而实现更高精度的加工。

第4点是AI的伺服调整。这是对增益过滤器和前馈的参数、加减速的参数进行自动调整的功能。我想任何人都明白，这项功能对机床制造商而言是非常有用的。而对一般的机床用户来说，如果能根据加工形状的重量、加工目的等信息，自动优化增益过滤器或加减速的参数，那么使用AI伺服调整功能也将带来巨大的效果，所以我期待发那科能将它作为面向一般机床用户的功能推出。

第5点是高效加工技术。它是应用5轴加工的刀具端点控制技术而实现的，高动态车削功能非常有趣，这项技术根据不同用途将带来显著的效果。使用它，车床的AI轮廓控制II将达到2倍的速度，令人惊叹。

最后我要说的不是关于FA的，而是看了整体展示视频后的感想。

在ROBOCUT的设计中，为了实现高精度的加工，需要充分强化机械刚性，同时抑制热变形。出于这个观点，发那科导入了拓扑优化设计。从理论上来说，拓扑优化设计是有效的，但是它在设计形状时并没有考虑制造方法。在使用3D打印机进行单品生产时，它是可行的。但如果是制造铸件或是制造模芯的话，就会变得非常困难。此次的机械设计中导入了这项技术，所以我对于在实际操作中是如何导入拓扑优化设计的这一话题很感兴趣，如果时间允许，我将洗耳恭听。以上就是我的发言，谢谢大家。拜托各位了。

社长：感谢青山教授的发言。

下面请软件开发负责人岩下本部长发言。

岩下：青山教授，感谢您多方面的评价。此次，关于数字孪生概念，正如教授们所指出的，我们在公司内部展览会的发表中亦有提到，它是按照重视真实世界与性能，运用数字技术，进一步提升性能的思路推进开发的。在真实世界中，出现了传统速度难以满足性能要求的情况，所以，教授提到的高速CPU，在今后一段时期将成为关键所在。

另一方面，在数字世界中，正如刚才教授所说，现在采用的是基于反馈的表现形式，但是今后我们将对此升级改进，在不运行机床的情况下模拟，或者对教授提出的涵盖机械系统、刀具状态的模拟等，通过对模拟、反馈数据和实际加工面进行比较，查找问题点，从而实现高精度化。这是我们现在思考的方向。

至于具体的细节，我们还是希望得到教授的指导。

谢谢大家。

社长：接下来，我们有请高木教授发言。

高木教授：我是东京工业大学的高木。今天，感谢发那科邀请我参加这场座谈会。我的专业是模拟集成电路，在机床方面完全是个外行。我虽然没有看完全部的在线公司内部展览会，但还是想简单谈一谈观看后的感想。



岩下本部长

刚才青山教授也谈到了，利用AI伺服调整功能可以提高加工精度、加工性能以及实现高速化，而这里还出现了一个词，那就是AI热位移补偿。另外，该技术也更加充实了发那科从数年前便开始研发的FIELD system功能，使得数字公用事业云



高木教授

服务开始得以发展，AI、IoT、云技术、机器学习等关键词随处可见。对于FIELD system，我希望目前收集的数据能够转化为大数据，从而实现更多功能。看到AI、IoT等，大家都能联想到的词就是数字技术。我们国家也准备创立数字厅，令以模拟电路为研究方向的我有些感到格格不入，感觉全世界都在发展数字技术，真是伤脑筋。但是在创建数字信号之前，必须要有模拟信号。自然界的信号从宏观角度来说都是模拟信号，人类感知到的信号也是模拟信号。数字信号非常容易处理，但是在此过程中，模拟信号到数字信号、数字信号到模拟信号的转换是必不可少的。在IoT中也是一样的，最初的传感部分非常重要。

而微小信号的传感正是模拟电路所擅长的。在此次的公司内部展览会中，我最关心的就是协同作业机器人。众所周知，协同作业机器人会检测与人的接触。如何在避开杂音的同时又能够捕捉这一微小信号，是非常重要的课题关键。

过去发那科曾经向我咨询，希望能改良这样的电路。我为了改进他们设计的电路，考虑是否可以减少电路的元器件，但是一同参加讨论的助教却提出了另一种截然不同的方式。

(详情省略) 电路本身并不新颖，但我的助教不仅熟知模拟电路，对数字电路、数字信号处理以及软件也有深刻的理解，因此，我认为他所提出的方案充分考虑了数字信号处理的优点和模拟电路特征。从这件事中我领悟到仅仅熟知模拟电路是很难实现降低杂音的效果的。检测、放大、模数转换，在这些路径中一定会有杂音混入，但助教提议的电路缩短了杂音进入的路径，依靠简单的电路就能将模拟信号转换为数字信号，所以我认为如果不了解系统并在此基础上熟知模拟电路的话，就难以实现降低杂音的目的。我就说这么多了。

社长：感谢高木教授的发言。那么桥本本部长，你有什么想法吗？

桥本：我是硬件研究开发本部的桥本。高木教授一直给予我们很多帮助。非常感谢。

在硬件开发中，实际数字电路的构建并不困难，只要遵循可靠性相关的规则就能构建。但在近来非常重要的传感部分中，如何高精度地将微小的模拟信号导入数字世界中，成为了最让我们头疼的难题，我们也因此向教授咨询了一些电路上的问题。

(详情省略)

今后，传感技术不仅对于AI、IoT，从机器人的应用的观点看也将是非常重要的，因此今后也请教授多多指导。谢谢各位。

社长：非常感谢您的发言。下面，请堀教授发言。

堀教授：我是东京理科大学的堀。3月我从东大退休，4月开始到理科大学的野田校区工作，每天都非常愉快。讲课的形式基本都是实体授课，面对一群不满20岁的学生，他们的年轻活力始终感染着我。最近，我一直在利根运河边骑自行车。电动车行进过程中的供电和无线供电是我的研究课题，这些研究遽然受到了关注。



桥本本部长



堀教授

前几天，我进入了贵公司的在线公司内部展览会，首先在说明会上了解了展示概要。之后，阅读了贵公司提供的技术资料，观看了展览会的全部内容。花了一整天时间。因为并非现场观展，看不到实际的产品和技术，但是我看了好几次，充分感受了展览会的氛围与规模。在现场观展受限于时间和体力，只会重点听取与自己专业相近的部分产品介绍，但这一次我却看完了所有展示。这次线上展览让我有很充裕的时间去了解过去自己所不了解的技术，因此受益匪浅。

我了解到除了对FA、机器人、智能机械这些核心技术下功夫外，发那科还大力推进了支持这些核心技术的IoT、服务、学院的发展，这些都使我再次认识到正是这些努力成就了今天的发那科。日积月累、锲而不舍的精神构筑了发那科的传统，而这些传统并非一朝一夕形成的，这与金钱至上的短视行为有着天壤之别。网站上还有一个关于一家意大利公司的视频。我觉得很不错。另外，关于FA、机器人、智能机械等基础技术，除了自己开发的优秀技术之外，不知发那科是否还准确把握了学界的最新动向。

关于IoT这样的新事物，我猜想发那科是从零开始学习的，而现在这些努力已经取得了一定成果，让人钦佩不已。但是不能否认，在基础技术方面，发那科从过去开始就一直存在一个问题，那就是只注重内部技术的研发，缺乏对外界的关心。说得难听一点就是封闭。虽然现在和以前不同了，但是我觉得这个弊端并没有得到改观。当然，从独立性、自主性的角度来说，这并不是坏事。

比如关于“学院”的介绍视频，几乎都是关于客户教育的内容，对于如何获取学界的最新信息以及如何传播信息，则完全没有说明。或许是因为与此次展览会的主旨不同。但是鼓励干部获得博士学位、与大学积极开展合作，这些措施对于增强海外客户的信任、吸引日本国内学生前来就业将会有很大帮助。有人说，像伺服这样的基础技术基本已经比较成熟了，要研究的只有AI补偿、DL学习等内容，其实并不是这样的。控制理论、控制技术经过20年、30年，已经有了巨大的发展。能够有助于贵公司发展的知识和技术也是数不胜数。身体强健，头脑灵活，才能成为强者。反之，身体羸弱，好行小慧，便会有所不及。虽然可能被认为与“没有AI就没有人类”这句话相悖，但我认为不是这样。希望发那科能够不畏艰难，具有勇于挑战时代潮流的精神。我就说这么多了。

谢谢各位。

社长：感谢堀教授坦诚、直率的发言。下面，请松原教授继续发言。有请。

松原教授：我是京都大学的松原。各位教授都从全局出发发表了意见，那我就针对性地谈一谈我的想法。线上展览会虽然可以来回滚动观看，但有疑问时却不能立即找解说员询问，这一点让人有些着急。接下来的感想包含了我个人的想象，希望之后通过发那科擅长的补偿、控制技术进行纠正。



松原教授

我将主要谈三项目前我所关注的技术。关于数字孪生，大家都提到了，但我的关注点在于如何提高加工面模拟器所模拟的加工面精度和精细度。在我的想象中，此次，使用了指令值和伺服值后，我们既可以认识到其理论上的加工面又可以认识到因为机械原因、机床动作改变后的加工面，即体现机床个性的加工面。

例如，从理想的指令值到考虑了机械加减速的指令值，再到包含了对机械摩擦等补偿的指令值，有各种类型。现场的工程师和操作人员总是在这方面遇到困扰，所以能将这些指令值区分开来会非常有帮助。

其次，还是这条线上的问题，现在的模拟器无法判断主轴刀头的位置，我想大概只考虑了移动轴。比如我们对了解立铣刀刀头能加工出的形状非常感兴趣。刚才青山英树教授在讲话中提到，在模具加工中有感官评价的环节。我校攻读博士课程的学生制作了各种加工面，通过感官评价进行研究，有时光洁度很好的产品会被评价为不良品，有时正好相反的，明明光洁度不佳却被评价为良品。在这方面松村教授是专家，这是残留在加工面上的刀片通过时留下的痕迹形状。如果能够对此进行计算，就太了不起了。实际上，如果把力学现象，即碰撞、滑动、振动这三者纳入考虑，就会变得更为复杂，但是如果至少了解到此前的表面状态，对于理解加工面将有很大的帮助。刚才我提到的学生就是计算了从加工面扩散开来、最终进入人眼的眼前光线的强度，研究人是针对什么、如何做判断的。如果能对加工面模拟器创建的面进行分析，我想一定会很有趣。作为与此相关的内容，我对同步主轴电机抱有很大的期待。感应电机采用的是转差控制方式，如果是同步电机，速度将得到很好的控制，这一点非常有用。比如，刀具转动后，如果刀头不能在同一时间进入加工面，刚才提到的加工痕迹的形状就会出现移位。因为相位会发生改变。努力预测这种情况，对齐加工痕迹的相位，这正是同志社大学的广垣教授与大阪工业大学的井原教授等人正在进行的研究，非常耗费心力。如果能实现平移轴与主轴的同步，就会变得很简单了。加工痕迹一致还关系到研磨难易度等后续工序的问题，所以在我的想象中，同步主轴电机可以衍生出各种新的可能性。刚才提到了“事与物”，再深入下去或许就是“价值”，这其中包含了感性的东西，我认为感性可以提升价值。

最后，我对温度传感单元也很感兴趣。我记得前年发那科介绍了测定振动的单元，它是16位规格的，具有高速响应的性能。此次，对象是热位移，我对此也有很大的期待。现在，我们也在制作各种机械方面的热模型，最棘手的就是接触热传导和热传递的问题。机床需要用导轨支撑重物，受其位置影响，热的流动会不断变化。仅仅测量温度是没有用的，只有完整掌握主轴、工作台的具体位置信息，才能了解整体的热通量。例如，找到最佳的试验模式，就能确定最为棘手的接触面的热传递系数。

相反的，还可以朝着如何从热力学角度实现优秀的机械设计这一方向发展，因此，希望发那科大力推进这方面的研究。我就说这么多了。

社长：感谢松原教授的发言。那么，关于堀教授和松原教授的发言，伺服研究开发的负责人福田本部长，你有什么看法呢？

福田：

我是伺服研究开发本部的福田。

感谢堀教授、松原教授的意见。

首先，关于堀教授的意见，除了自己公司的技术之外，我们是否充分把握了学界最新动向的意见，我们会认真接受。我觉得在这一点上我们确实存在不足之处，今后将



福田本部长

切实加以改进。在伺服方面，此次，我们展出了使用AI的伺服调整技术，我的认识是，教授关注的点在于基础控制理论的部分是否进行了深入研究。我们在研究控制理论的同时，电子元件也取得了高速化等方面的进步，因此，未来我们将充分研究与之相应的控制技术。往年，堀教授都会在SiC等功率元件方面为我们提供许多宝贵意见。本公司今后也将关注SiC以及镓基新元件等产业界的动向，继续推进新的开发工作。同时也希望继续得到您的指导。

非常感谢松原教授的意见。首先关于您最初提出的加工面推测时是否无法判断刀头形状的问题，的确如此。目前，可以看出圆筒状刀具经过的痕迹，我们认为之后需要在CAM制造商所擅长的领域与本公司负责的部分之间充分合作。但本公司也认识到高精度与表面品质是不同的，有时即使能确保精度，也有可能感官试验中出局。

然后关于同步主轴电机的问题，我们将从控制刀头相位的角度出发，研究应用方案。现在，本公司正在实施同步主轴电机与感应主轴电机的比较验证。它们在加工中的优缺点是什么，在不同工件上又存在哪些长短处，我们已经掌握了很多信息，包括原理上的差异。在ROBODRILL方面，此次，我们从缩短循环时间的角度出发，介绍了搭载同步主轴电机的攻丝主轴。未来，我们将对今天教授们提出的观点进行研究讨论。

谢谢各位。

社长：非常感谢您的发言。下面，请田中教授发言。

田中教授：我是大阪大学接合科学研究所的田中。这次是我第一次受邀参加座谈会。非常感谢能有这次机会。参加此次的在线展览会，给了我很大的激励。其实我应该是对FA发表意见的，但我的专业是焊接工学，所以对机器人很感兴趣，于是首先观看了激光机器人的展示。



田中教授

其中的激光扫描仪让我觉得很厉害。焊接技术其实是配套技术的集合，其中的三维振镜扫描仪、机器人、激光器以及PC上的模拟软件，这些都仅依靠贵公司的产品就实现了系统化。这种优化，也就是“配套”，正是日本制造的优势，各种技术产品以成套的方式呈现出来。而且从用户角度来看，会感觉自己也参与了焊接技术的运用。最具象征性的就是ROBOGUIDE与振镜扫描仪、机器人的融合性联动。特别是可以在3D画面上确认复杂的焊接形状，使振镜扫描仪与机器人一体化，并可以批量进行示教。这本来是一项非常麻烦的作业，但是采用画面演示的方式，任何人都能简单地操作。我认为这种从用户立场出发的技术非常值得称赞。

另外，我认为使用硬件摆动激光束的“摆动功能”也很有效。为激光照射的自由曲线增加摆动功能，这一点尤其值得一提。各种立体接头形状造成的各种间隙宽度给焊接带来了很大困难，但它会随着位置而改变。原本激光的优点在于光束能够聚焦在很细小的点，而为解决前面提到的问题而追加摆动功能后，很细的激光束成为以平均时间在空间中扩散的热源，激光束变得可以定制，从而实现了智能焊接。这样就能自然而然地实现配套。它带来的效果是即使间隙宽度达到板厚的30%也能进行焊接，特别值得肯定的是在对镀锌钢板进行焊接时，焊道端部不会附着烟尘。视频中的焊道非常美观，我看到后赞叹不已。烟尘附着少，在焊接领域也称之为智能焊接，也就是以锌为代表的基材或者熔池产生的金属蒸汽很少。发那科成功控制了熔池温度，这一点很让我惊讶。如果能控制热输入，我想焊接的应变和变形也能得到显著的抑制。

然后再说说传感器。就是OCT、光学干涉热成像的问题。使用这一传感器，可实时测量焊接中的穿透深度，同时进行焊接部的品质管理，让原本高难度的焊接变得简单。最终，不需要训练和知识，任何人只要按下按钮，就可以进行高可靠性的焊接。这是我作为一个焊接工学人的梦想，而这款激光扫描仪让我觉得距离这个梦想非常接近了。

另一个让我震撼的是铜线的发夹焊接。用激光照射两根铜线的端部，通过激光高速摆动有效形成熔池，然后经过切实的桥接形成稳定的焊接部。特别是焊接中的溅射得到了非常显著的控制。另外，前面的教授们也提到了硬件方面的优化是非常重要的，而从这一点来说，我认为高速摆动激光光束这项技术是具有世界顶级水准的。尤其是现在，实现碳中和是日本的重要课题，汽车、发电等电机的作用越发重要。在这样的背景下，铜线的发夹焊接将在电机制造中提供高品质、高效率的稳定焊接技术，我认为这将对社会做出巨大贡献。最后是我专业以外的内容。贵公司FA的数字孪生概念，让我印象深刻。数字孪生在第6期科学技术与创新基本计划中也被提到了，因此，我认为从某种意义上来说，它标榜的是我们国家所追求的“制造”社会的新形态。此次FA的展示中，介绍了关于减材加工的数字孪生技术，我希望将这项技术推广到焊接技术领域。

今后，在机械零件的制造中，除了减材加工，增材加工也将变得越来越重要。也就是所谓的Additive Manufacturing（增材制造），AM。AM有各种方式，但即使是在材料中使用金属粉末，那也需要焊接技术的堆叠。但是如果仅仅是堆叠材料、替换为铸造技术，是无法实现改进的，所以希望创造出AM特有的价值。从这个意义上来说，我希望发那科的数字孪生技术能顺利推广到焊接技术领域。我认为这是未来新焊接技术的发展方向。在网络空间中实施AM才能实现的全新结构设计与制造，再将这些信息送回物理空间中。网络空间与物理空间的融合，减材加工与增材加工的融合，我想这些将是未来制造的新基础。期待未来发那科的发展。

社长：感谢田中教授的发言。感谢您此次首次参加座谈会。您以焊接为中心的意见对我们而言非常新颖，很有帮助。那么激光研究开发的负责人西川本部长，你有什么看法呢？

西川：我是激光研究开发本部的西川。非常感谢田中教授的发言。受宠若惊。发那科激光扫描仪的诞生依靠的不仅仅是激光研究开发本部，它是发那科多个研究开发本部共同努力的成果。经过长期的研究开发，发那科内部已经熟练掌握了他的使用方法，也对可靠性试验进行了充分的确认，所以此次在此基础上实现了商品化。

在今后的商品化过程中，我们还会遇到各种问题。

对新的使用方法、新的工件材料和工件形状等的要求也将不断出现，因此，发那科的研究开发本部将继续团结一致，推动激光扫描仪的升级发展。我要说的就是这些。



西川本部长

社长：感谢您的发言。下面，请笹原教授发言。

笹原教授：我是东京农工大学的笹原。感谢贵公司此次邀请我参加座谈会。我也是第一次参加这种在线展览会，集中观看了许多自己感兴趣的内容。前面，教授们围绕FA发表了许多意见，这里我想集中几个要点发表下自己的看法。我正在进行切削与线弧焊



笹原教授

方式的增材制造研究，所以将以此为中心来聊一聊。

首先，关于NC装置微信小程序段处理能力的提升，在学会等平台与他人交换意见后，我很遗憾地发现切削加工的技术人员在用NC进行曲面加工时，正确把握微小线段长度设定方法的人很少，这一点令我印象深刻。微小线段长度小的话，角度变化也会变小，最终使得减速变少，从而实现高速运动。但意外的是理解这一点的人似乎很少。大家普遍认为只需把微小线段的长度控制在公差范围内即可，或者相反的，认为微小线段较长时数据量变少，控制点变少，这样就应该能实现高速运转，这种想法使得NC装置能力低下的状况一如从前。大学也在进行相关研究，得出的结论是在NC装置的处理能力范围内，微小线段长度越短，越能实现高速运转，精度也会更好，这与此次发那科提出的研发方向是完全一致的。虽然这归属于学术范畴，但针对加工技术人员和CAM操作者，以如何设定线段长度为课题的教育和启蒙活动也是必不可少的。如果不开展这些教育和启蒙，就算NC装置实现了高速化，如果输入的NC程序不合适，也可能无法发挥出实际的高速度和高精度性能。

与此相关，另外还有关于加工程序优化的问题。仔细看技术资料就可以看到，有一个图片显示NC装置中，经过优化的控制点的间隔比G代码控制点的间隔更小。我理解这是NC装置内部形成了对应关系的原因。即使用户并没有意识到，但仍能保证高速和高精度，这将是非常巨大的进步。

接着是关于AI伺服调整的问题。我记得上一次是以前馈值为对象，而此次则加上了增益过滤器和加减速，从而达到了更高的高度。视频中介绍了调整参数需要的时间，增益是30分钟，前馈是30分钟，加减速是60分钟，由于在比较短的时间内就能识别，因此，我对于这项功能会让装置以怎样的动作来进行识别很感兴趣。量产中，无论是重视曲面精度的加工，还是重视速度或者工件重量大小的机械零件加工，都可以根据实际的加工状况调整最合适的参数，因此对于用户而言，这项功能具有很高的利用价值。

对于新推出的激光用NC，我也带着浓厚的兴趣观看了展示。新推出的NC可以迅速将发那科的高速大功率激光搭载在加工中心或车床上，因此我认为凭借这款产品可以迅速开发出结合了减材加工和激光加工、激光焊接功能的机床。我认为如果能自由控制激光，那么提供粉末或焊丝，凭借激光能量进行熔融和堆叠的DED (Directed Energy Deposition: 能量直接沉积) 型增材制造 (AM) 装置也有望应用了。现阶段，AM装置并未出现在发那科的产品阵容中，但从技术上来说是可行的，因此，我期待发那科开发出纯日本产的激光与切削的复合机或AM装置。我认为激光减材 (切断) 加工与DEM型AM装置 (增材加工) 的复合机等也可能实现，值得期待。

然后，我还带着浓厚的兴趣，观看了弧焊机器人自适应控制焊接的展示。通过这项技术，即使作为接合对象的板材有一些位移，也能被检测到，并顺利焊接。采用弧焊方式的线弧型AM存在一些问题，例如如果不能严格控制堆叠高度，倾斜壁的熔融金属就会偏向重力方向并固化，导致不能按照预期成型。如果能发展这项技术，就能将其用于识别前层，在此基础上进行正确修正后再堆叠。焊接自不用说，对于线弧方式的AM来说，也是非常有用的技术。顺便提一句，将焊接机器人与MIG焊机装置组合在一起，就能实现线弧方式的AM。

最后，关于机器人，从参与切削研究的角度出发，我对机器人铣削也非常关注。今后将不断扩展使用机器人进行切削等减材加工的用途和领域。因为相比机床，其刚性与精度都有限，因此加工效率和精度无法与机床相比，但是我认为可以从大件部材的加工和小切削阻力部材的加工等领域开始运用。可能发那科已经开始相关的研究开发工作了，我对此非常期待。

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。笹原教授从多个角度出发提出了问题，希望相关部门另行答复。我们来到了以FA为中心的话题的尾声，有请新野教授。

新野教授：大家好，我是刚刚社长介绍的新野秀宪。首先，借此机会向大家报告一个消息，我于今年4月1日就任了厚生劳动省主管的职业能力开发综合大学的校长一职。

现在，在 (一般社团法人) 日本机床工业会作为产官学技术座谈会的发起人，以特定的技术课题为对象，定期举办联合专家的学习会，进行信息交流。



新野教授

根据最近针对会员企业的问卷调查结果显示，除了一些温故知新的技术课题，如机床的热变形、颤振之外，我们还得知ICT与AI、数字孪生、CPS、DX等也是众多机床制造商非常感兴趣的技术课题。此次的“新品发布展览会2021”的展示内容就包含了上述的所有关键词，提供了及时发布客户所需信息的平台。也就是说，发那科针对主要客户各机床制造商目前最感兴趣的技术课题，锐意进取，提出了“CNC的数字孪生”等概念，介绍了应用实例并提供了有帮助的信息。参加展览会的客户能够对媒体等大肆宣传的数字孪生形成具体的印象，同时，也基本能感受到获得效果所需要的周边技术。

但正如刚才樋口教授所指出的，利用物理空间的数据在数字空间中再现，这种模拟的概念并不是新出现的，也有不少人质疑它与传统技术究竟有何不同。今后，要利用从物理空间中获得的瞬息万变的传感器信息，在数字空间中实时再现和预测物理空间中意料之外的现象，同时执行需要的流程，从而在这一过程中实现物理空间与数字空间的相互补充。我认为这种动态联动的数字孪生是我们应该实现的。利用这种数字孪生技术，或许就能实现生产系统的自我诊断功能以及一直被视为难题的自我修复功能。

我们职业能力开发综合大学正在推进学习型工厂的研究开发，也就是为适应第4次工业革命而提供教育、训练的CPPS

(Cyber Physical Production System)。今后，希望能得到发那科以及今天出席座谈会的教授们的合作与帮助。

在此，我总结了对展示内容整体的印象，有以下几点。

(1) 从此次展示内容的概况来看，我感觉很难将硬件、软件商品和所取的商品名联系起来。我感觉发那科公司过于谨慎了，采用更加用户友好的命名方式会更好。例如，ZDT、iRVision、QSSR、FabriQR Contact等等。这些都很难直观地根据商品名想象出商品的样子。

特别是ROBONANO的商品名 α -NMiA与 α -NTiA，将Machining和Turning的首字母作为识别记号而选用的M与T，分别放在了商品名的正中间位置，这样客户很难区分这两种商品。

(2) 我看到了好几处强调“紧凑型”的展示，但是每一款商品都不能让客户准确地把握尺寸感。例如，我看了伺服产品的阵容等，相比旧产品，新商品在紧凑性上实现了多少提升，这些信息很难了解。

(3) 发那科展出了多款标识“New”的商品，但对于哪些部位、哪些内容有创新的介绍不充分，宣传要点不明确。它们是配合此次展览会新开发的商品，还是具备发那科旧商品上所没有的新功能，或者是发那科独自研发的创新型商品，亦或是实现了前所未有的高性能等等，我认为这些都应该向客户明示。我认为明确展示才能达到对客户的宣传效果。

(4) 期待今后，相比过去有更多机器人在生产环境中得到导入与推广。未来，期待有更多机器人被导入和推广到生产环境中。在此次的展示中，我看到了发那科在协同作业机器人上投入了大量力量。预计单一协同作业机器人的高速化、高精度化与智能化等高性能将得到显著发展。1990年代左右，发那科通过零散研究实现的由多台机器人协同控制进行的作业等，主要是将人类进行的作业改为由机器人操作。如今，这些成果已经脱离了研究室水平，运用到了实际生产系统当中。过去被认为高效率的日本制造被诟病其实生产效率很低，我期待发那科在实用的产业应用方面提出更多的新提案，例如高效实现人类也无法完成的复杂作业，由多台协同作业机器人组成机器人完成单一机器人难以进行的极限作业等方式。

以上，就是我对“新商品发布展览会2021”的个人印象。最后一点，不是关于此次展览会的直接印象，但是我还是想谈一谈。过去FIELD system一直是展览会的中心。但此次展示的内容相比过去的展览会，感觉有些低调。今后，在实现各机床制造商所关注的CPS、CPPS时，FIELD system将是核心关键技术，因此，我希望在FIELD system中巧妙融入数学理论、数据科学以及AI技术，确立并推广实用技术。

每年参加展览会我都非常期待创新技术的出现。今后也请多多指教。

社长：感谢新野教授的发言。

接下来，是有关FA部分的最后环节，有请稻叶会长发表讲话。

会长：感谢笹原教授、新野教授的发言。我原以为笹原先生会围绕AM发言，没想到是对整体的讲评，让我稍稍有些吃惊。但是教授的研究范围广泛，没有局限于AM，而是对自己注意到的各个方面提出了建议，真的非常感谢。关于微小程序段的处理能力问题，



稻叶会长

如果是零件加工，就是以精度为最优先，但是在模具的自由曲面的加工上，如何实现良好的表面品质是最大的课题，对此我们还有很长的路要走。关于这些技术，白濑教授也给予了指导，但是如何将CAD包含的庞大信息一条不漏地保留到加工环节，如何创建平滑的刀具路径，这些都只至关重要。我认为现在通过这些研究，我们已经取得了一定的进步。在这个领域，我们还将进一步磨砺技术。另外，无论指令有多准确，如果机械的调整不到位，就无法发挥性能，因此，感谢教授关注AI伺服调整功能。虽然目前能力有限，但是我们仍然在努力，力争实现任何人都能简单地在短时间内完成最佳调整的功能。关于AM，我们没有推出教授所熟知的使用电极丝的AM，但其关键技术正在开发中，希望今后得到教授的指导。

其次，非常感谢新野教授的发言。此次，我很荣幸地被任命为日工会的会长，希望今后得到教授的协助。期待在机床新技术的开发，特别是新材料的应用与IoT技术的应用等方面得到教授的支持。

新野教授的发言也涉及多个领域的话题。数字孪生这个概念可以说是温故知新，这是从IMS项目时起就追求的目标，如今换了个名词、换了件马甲，又再次被大家提起。我们并不仅仅是在宣传这个名词，而是希望推进这项技术的开发，在物理空间与网络空间之间搭建桥梁，在加工前在模拟世界中得出正确结果，从而实现无浪费的试制及加工。

最后，教授良药苦口的意见，也给了我们极大的激励。实际上，此次展示的重要主题是易用性。我们自认为是站在用户立场上进行开发和展示的，但是教授的发言让我们认识到我们还是站在开发者立场上，还只是从自己的立场出发看待事物。今后，我们将站在用户立场上，考虑功能的开发与商品命名等问题。希望继续得到您的指导。

■ 机器人

社长：下面，让我们进入以机器人为中心的环节。首先，请浅间教授发言。

浅间教授：我是东京大学的浅间。今天，感谢发那科邀请我参加在线商品发布展览会和座谈会。我也是多次参加了，但去年由于停办展会，所以此次我久违地在线观看了各种展示与技术说明会等内容。因为不是面对面的形式，所以不能以互动方式提问，但是坐着观看各种内容，让我感觉很轻松。



浅间教授

下面，我将以机器人为中心发表一下自己的看法。过去，发那科硬件与控制领域制造商的形象深入人心，但此次观看了展示后，感觉发那科正朝着综合性制造商的方向转变，其业务内容也在数字化、智能化甚至服务领域都得到了极大的发展。发那科融合了ICT、IoT、机械学习、AI等最先进的技术，进一步提升机器人产品与服务的价值，勇于尝试推广新全球性业务，这些都给我留下了深刻的印象。具体来说，针对各种制造工序的多种用途，推出了大量不同类型的机器人产品，产品阵容丰富而充实。以可靠而强大的硬件、协同作业机器人这样高性能的安全控制系统为核心，广泛推进视觉传感器、激光传感器、激光扫描仪等传感系统，积极从事软性机械手这类末端执行器的开发与产品化工作。此外，发那科从以散货取出机器人为代表的智能化与系统化、ROBOGUIDE等设计支援工具、零停机功能等利用IoT、网络、AI的状态监控、故障预测、故障诊断与维护等服务，到使用实习教材的教育领域均全面开展业务活动，脚踏实地，每年都取得了显著的进步。特别是最近，新冠疫情的防控愈加严峻，制造业也必须着眼于与新冠共存的时代以及后新冠时代，创建即可避免人与人的密切接触，同时又能实现高效生产的环境。我想发那科的机器人技术将为满足这类需求做出巨大贡献。最近，在Society 5.0构想中提出了以人为本社会的概念，在新时代的制造业中，这种以人为本的生产系统也将越来越凸显其重要性。

在各种场景中为人提供支援的人共存型技术今后将发挥重要作用，而我认为发那科的协同作业机器人将成为其中的重要要素之一。顺便介绍一下，协同作业机器人CRX在去年荣获了日本机器人大奖中的经济产业大臣奖。在此向发那科表示衷心的祝贺。

此外，我从前年便开始担任工学系研究科新设的人工物工学研究中心的负责人一职。我在与各制造业的企业人员交流后发现，很多企业人员在社会环境巨变的大背景下，都面临着少子老龄化、劳动力不足以及如何维持自己的国际竞争力等问题。由此，我意识到，要想解决这些课题、维持竞争力，除了自动化之外，重要的是增强现场能力，也就是说持续培养人才。发那科站在客户立场上的开发工作做得非常出色。我想客户满意度一定也很高，但是我认为不仅如此，今后提升员工的满意度也很重要。正如刚才各位教授所指出的，利用数字技术加快网络物理系统以及数字孪生技术的开发，已成为发那科业务的一大核心内容。樋口教授刚才提到“数字孪生这个名词或许会在不久的将来消失”，而人工物工学研究中心现在提出了一个比数字孪生更加先进的概念，即数字三元组。网络物理系统、数字孪生是人们应该熟练运用的技术，而人的技能与知识的显性化、数字化、以及利用这些知识与技能为人类生产活动提供帮助等课题在未来将变得非常重要。因此，我们希望能与企业合作来解决这些课题。

此外，在推进数字化转型、基于大数据提供服务、实现设计与生产的高效化、迅速改善等的同时，总结现场工人与工程师的技能和经验并加以利用、构建并完善他们的工作环境以及培养人才、促进人才成长、提升客户和员工的积极性、满意度和幸福感，这些工作在今后都将变得非常重要。

因此，我认为人是需要系统支持并与之共存的，理解这一点将非常有助于今后的发展。协同作业机器人在理解人的基础上，预测人的行动与意图，一边推测一边安全地动作，然后机器人自行理解如何提供帮助以便可以减轻人的肉体负担和精神负担，进而采取行动，例如机器人通过引导减少人为失误，让人产生积极性和成就感，这些在未来会变得越来越关键。我希望发那科的协同作业机器人能理解人类，并进一步明确要求规格，成为制造业可靠的伙伴。祝愿今后发那科也能继续引领制造业，取得进一步发展。

以上就是我的发言。

社长：感谢浅间教授的发言。接下来，有请菅野教授发言。

菅野教授：我是早稻田大学的菅野。今天，感谢发那科邀请我参加座谈会。首先祝贺CRX荣获三项大奖。我本人是从事与人共存机器人的研究工作的，怀着浓厚的兴趣，我反复观看了CRX的视频。结果其他内容几乎没有看，因此要向发那科表示歉意。此次我将以CRX为中心谈谈感想。



菅野教授

首先是两年前也提到过的关于机器人的设计，之前的绿色机器人看起来就是标准机器人，与此相比，CRX显得更聪明，希望发那科可以朝着这个方向进行设计。

关于具体的功能，直接示教、AGV协调部分的视频我也反复观看了。因为新冠疫情的影响，不能现场举办学会，通常与学会一同设置的展览会也无法举办，所以所有学会都改用了视频形式。因此，无法实际接触机器人。

在这样的情况下，发那科精心制作了很多视频，对此我表示深深的敬意。但遗憾的是视频还是无法展现机器人的真实情况。参加此次座谈会的教授们也是以实际的机器人和机械为研究对象的，我想大家一定特别想亲手触摸、亲眼观察机器人。我也希望在研究发表中能让大家看一看机器人的动作、力量等特征，但是目前感觉很难实现。

比如直接示教，如果介绍说“力度很柔和，直接示教很方便”，由于大部分的公司和大学都会采用类似的表述，因此很难了解彼此有何不同。有没有什么办法可以展示出差异呢，对此我的研究室也考虑了很多方案。比如在直接示教时，实际对指尖施加了多大的力会让动作变得简单呢。当机器人代替人对机器人直接示教时，测量直接示教的机器人指尖的力量，如果力量很小且没有振动，就表明已顺利实现了直接示教。当然，如果可以面对面，只需直接接触机器人即可，但在无法接触、需要远程传达教学内容的情况下，就必须在演示说明上下功夫。我想贵公司一定能想出各种好方法，对此我非常期待。

机器人只有实际接触到才能感受到它的优点，希望贵公司能充分研究机器人的展示方法。

然后是关于AGV。贵公司过去并未开展AGV的开发工作，听说包括SCARA在内最近也开始AGV的开发了。此次，发那科展示了通过AGV确定与机床的位置关系以及在搬运中利用AGV搬运的视频。精度及视觉技术都是贵公司所擅长的，但我感觉在AGV的开发中并未将这些技术结合起来。例如，一般的AGV可以自由移动，即使没有夹具也能在机床上高精度地作业，我想这些动作是很容易就能实现的，因此，希望贵公司考虑开发这样的系统。

还有一个就是关于软性机械手。有一个关于番茄收割的短视频。我认为机器人在农业中的推广是非常重要的，我自己也曾参与过农用机器人的研究开发工作。但是番茄收割并不是一项简单的作业。如果只是在特定环境中采摘或许没有问题，但是不同于工厂，农作物是自然产物，存在各种差异，因此，机器人需要适应环境或者适应对象物。我猜想贵公司今后准备参与这个领域，因此观看了视频。如果关于农业领域中的应用还有其他实验，希望贵公司一定要展示出来。

最后我还想谈两点。两年前我来参观的时候，已经有高速分拣机器人了。当时展示的主题是机器人在物流公司的运用程度。但此次我并没有看到这款机器人，不知后续进展如何。另一点是关于AI技术。在机器人的介绍中几乎没有涉及。当然或许是因为AI技术已经很普遍了。但是，我认为AI技术将在未来与硬件结合，转变为全新的AI技术。也就是说，并非用机器人的硬件来弥补AI的不足，而是将硬件融入到AI当中。可以说这是从另一个角度来看待数字孪生这个概念。我想如果发那科能考虑全新的AI、与硬件融为一体的AI，就能创造出不同于其他AI的机器人AI。

我就说这么多了。谢谢各位。

社长：感谢菅野教授的发言。接下来，针对浅间教授和菅野教授的发言，请机器人机构开发研究所和机器人软件开发研究所的安部本部长、加藤本部长谈一谈你们的看法。

安部：我是机器人机构开发研究所的安部。感谢浅间教授、菅野教授宝贵的意见。也感谢你们对我们荣获诸多奖项的祝贺。刚才提到的员工满意度的话题，全体员工都因为获奖一事备受鼓舞，工作热情也因此高涨，希望教授们继续给予我们指导。

正如浅间教授在讲话中提到的，过去很长一段时间，发那科只提供机器人的硬件、控制、机械和软件，后续如何使用被当成是客户的事情。而到了现在，如果不考虑如何使用，机器人的导入就无法推进，或者让客户误认为我们的机器人不好用。协同作业机器人的出现正因



安部本部长

如此。我们从人本主义、方便使用、以及考虑各类客户希望如何使用的角度出发，在此次的展览会上将易用性设为了一个主题。菅野教授曾给予我们的工作诸多指导，“协同机器人必须具备让人觉得美观的外表”，这句话一直留在我的脑海里。浅间教授也做出过同样的指导。因此，对于CRX，我们从一开始就深入考虑了设计方案，设计出了完全不同于传统发那科商品的造型。但是如浅间教授所说，这还只是起点。机器人充分理解人类，或者如菅野教授提到的机器人对机器人直接示教、进行互助，这种进一步的发展是可以预见的，因此我们希望今后得到教授们的各种建议，推动包括CRX系列在内的机器人不断发展。下面，关于直接示教与AI、分拣机器人，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。感谢浅间教授、菅野教授宝贵的意见。更加自然、易用的直接示教功能，无需固定机器人设置位置的应用等，这些都是降低使用机器人门槛的重要改进措施。浅间教授也提到了，在新冠疫情蔓延的情况下，能加入到以人为中心的生产设备中的机器



加藤本部长

人将越来越被社会所需要。焊接与加工条件设定的自动化，示教的进一步简化等，还有许多未完成的课题等待我们去挑战，我们将继续努力，力争开发出能顺利引进人力工厂的机器人。另外，关于此次未作为新商品展示的高速分拣机器人和AI领域，研究工作还在持续推进中。我们希望其能以新商品或功能改进的形式在下一展览会上展示给大家，同时也希望在这些方面继续得到教授们的指导。

社长：非常感谢您的发言。下面，请佐久间教授发言。

佐久间教授：我是东京大学的佐久间。感谢发那科的邀请。我的专业在教授中可能有些特殊，是医用生物工学。提到与机器人的关系，那就是手术辅助机器人以及治疗辅助、生物测量。从某种意义上来说，治疗包含对生物的加工，所以我想在这方面存在关联性。关于机器人及其他方面，教授们也已经发



佐久间教授

表了不少意见，我想从不同角度出发谈几点看法。

首先关于在线展览会的形式，正如教授们所说，可以仔细观看、反复观看，这是一个非常大的优点。但另一方面，它缺少互动性。另外，教授们大概都看到过实物，所以看着视频，一定程度上是可以自行推测的。因此，虽然这也是一种很好的信息传递方式，但是或许还有其他更好的方法。我想今后新冠疫情平息后，展览会的形式还会有一些改变。

另外，我认为与人配合的协同作业机器人与生物工学也有所关联。实际上，我在新冠疫情前2019年12月的机器人展上看到协同作业机器人时，就切实感受到它与我们研究的医疗用机器人有着非常密切的关联。也就是与人一同工作这一点。

其次是关于视觉传感器。实际上手术机器人是内窥镜手术时使用的，因此是以视觉为基础进行作业。在这方面机器人是如何运行的，其相关问题实际上与发那科的机器人很接近。例如，手术辅助图像的AI等，涉及到很多活动。刚才堀教授提到有很多学会的活动，我想如果关注这些活动，可能会获得一些灵感。另外，在将近20年前，菅野教授作为委员长时，谈到过家用机器人安全性的话题。我认为当时的讨论非常重要。

此次展示的介绍中提到如果发生碰撞，机器人就会停止运行，因此是安全的。但是实际上，我认为仅仅这样是不够的。应该走访客户，确定应用的场景，在这个过程中实施安全的风险管理。引进机器人后，大概会出现几种不同类型的风险。我想可以对机器人在确保安全的同时高效作业的情况进行分类，然后以案例学习的方式总结。

此外，当人也参与作业的时候，如果不能在一定程度上预测人的行动，就无法确保安全。另一方面，系统整体必须了解现在正在进行的作业。实际上这是手术辅助中，现在备受关注的研究领域。现在正在执行手术过程中的哪一步，如何在理解整体系统的基础上，稍微改变控制的方式，这是我们开始思考的课题。

当人也参与进来的时候，就要考虑人在这样的环境中大概会有怎样的行动，这在进行协调时也是非常必要的。有时候有些人会有一些奇怪的举动，这是无可奈何的事。

接下来是关于传感器的问题。传感器从某种意义上来说，就是被动读取实体世界的装置。实际上，机器人是一种活动的驱动装置，同时也包含了各种传感器。此次，发那科机器人内置了力觉传感器，但同时它可以给予目标对象特定的刺激，并读取目标对象的反应。虽然这是偏向生物学角度的说法，但是它确实可以实现这种主动的传感器功能。我认为可以在这方面扩展传感器的意义。

提到数字技术，大家也都知道，现在已经开始开展远程医疗了。但最终因为只有有限的传感器，现在的远程医疗基本只局限于问诊。因此，在这方面，如何获取信息显得非常重要。刚才大家也讨论了模拟与数字的问题，我认为数字化其实就是对信息的舍弃。提到与仿真的关系，对于仿真，说得夸张一点，只要进行参数调整，任何事物都可以进行匹配。在仿真的世界中，有两个概念，一个是确认模型是否在计算系统中得到正确计算，另一个是验证模型本身是否与真实世界相匹配，我认为这些方面的研究开发将是今后的课题。

另外，从模拟与AI组合的角度来说，现在有一种流行的观点，那就是只要运用AI技术就能取得一定成果，但我认为这样的想法是错误的。实际上模拟器是非常具有建设性与逻辑性的，建立数值模型很重要，而对于生物，我们则是完全不了解参数。例如，虽然有平均值，但是波动很大。我们无法解决与实验数据相匹配的逆问题，因此可能会稍微运用AI来解决。在这方面，如何让仿真与现实、现场相匹配，将是今后要解决的课题，我也是带着这样的想法听取了展览会的介绍。

最后是关于刚才提到的教育问题。如果从研究的立场来讨论这个问题，此次发那科提出了两个很大的命题，即“让产品更易用”和“创建易用的系统”。能够高效率的进行产品制造固然很好，但当未来我们研发出更先进的技术时，会出现事情都能够简单地完成，即使不理解本质，也能让各种事物正常运作的情况。虽然这是大学的课题，但也是必须要思考的。

另外，从这个观点出发，数字化技术产生了很多数据信息。我们按照现在的思维使用现在的数据，但如果从多种角度看待这些数据，就会发现它包含着许多信息，将带来各种可能性。它们对企业来说如宝藏一般宝贵，而从研究者的立场来看，这些数据有望孕育出各种创新思维，可能会实现更多的目的。

所以我希望发那科能考虑在这方面推进产学合作。以上就是我的发言。今天，感谢发那科的邀请。

社长：感谢佐久间教授的发言。下面，请石川教授发言。

石川教授：我是东京大学的石川。此次是久违的展览会，又因为是在线形式的，所以我非常期待。和其他教授一样，我也观看了全部的内容。整体感想就是传感器、处理、执行以及操作，各项技术都有了巨大的进步。从处理的角度来说，除了单机系统中的处理之外，例如FIELD system，包括通过网络连接，



石川教授

或者与现有数据联动这样的处理，都让我感觉发那科已经进入了一个全新的世界。在操作、执行方面，发那科也通过脚踏实地的努力，开拓出现在的事业领地，取得了显著的进步。在此，我想从传感器的角度出发，谈一谈自己的看法。不仅是机器人，我感觉发那科所有产品上的传感器技术都在不断升级发展。特别是发那科充分认识到，准确捕捉现实世界与物理世界的能力在提升系统整体功能上发挥着极其重要的作用。此次，在传感器方面，展会介绍了我个人很关注的3D传感器。3D传感器本身很久之前就有了，但是产品阵容越来越庞大，特别是能准确捕捉近处的3D信息，意味着传感器终于实现了过去人们所期待的功能，这是一个巨大的进步。但是在3D传感器方面，却存在大量竞争对手。不仅是机器人，人机界面、如何从无人机上拍摄3D图像，包括如何拍摄人的移动等，各种开发工作正如火如荼地开展着。希望发那科不要偏离目标，比如在开发时关注哪些方向以及功能等等。我认为可靠性、易用性是发那科应该重视的方向。

另外，展览会上有使用3D CAD数据的演示。这场演示也是大家过去一直所期待的，如今终于实现了。在散货取出作业中，利用CAD数据进行匹配，确定抓取位置后取出，这样的操作是过去难以实现的，而现在却准确完成了，非常了不起。

实际上，不仅仅是CAD数据可以实现这一作业。我们当然可以使用CAD数据，但是也可以用实际测定的数据代替CAD数据。希望发那科根据测定的数据进行匹配，并将在此基础上来完成各种作业的课题放入研究开发的视野范围内。

而在视觉反馈的应用上，有一个利用二维的视觉反馈对运动中的轮胎进行装配的演示。虽然是一个非常简单作业的演示，但我却认为这是一个巨大的进步。看过这个演示的观众可能会觉得“这不就是普通轮胎的装配吗”，但是它的重点在于不使用编码器的信息，只凭借视觉传感器就完成了整个装配过程。我想到了一个合适的例子来进行说明，如果把孩子们刚开始骑自行车时使用辅助轮比作至今为止的机器人，那么，现在就是拆掉辅助装置，只凭借自己的眼睛就能完成作业。不使用编码器就顺利完成演示意味着什么，要知道至今为止我们是以绝对坐标系来思考、以坐标转换为标准进行计算的，而现在，或许只有一部分，但确实是从以绝对坐标系进行坐标转换的领域转移到了基于相对坐标系的控制领域。凭借相对坐标系控制的精度就能实现我们的目标，因此，视觉传感器的精度将直接成为控制的精度，这是一个巨大的进步。今后，我希望能从学会一个人骑自行车，发展到可以参加公路赛那样，能够取得更大的进步。

其次，关于协同作业机器人，刚才其他教授也做了相关的发言，而我想从传感器的角度来谈一谈。现在，协同作业机器人大概是以力觉传感器为中心实现作业的，但使用力觉传感器有一个问题，那就是必须触碰后才会停止。这里就出现了一个问题，如果是视觉传感器或者接近传感器的话，能在多大程度上弥补这个缺点。如果是视觉传感器或者接近传感器，要覆盖全部视野，也就是创建没有死角的系统非常困难，如果能解决这个问题，就能让机器人在触碰之前就停止运动。

从加入视觉或者其他传感器后能获得怎样效果的角度出发，发那科提供了一个演示，表明如果能实现视觉反馈，就能在不停止机器人的情况下识别对抓取位置的确认。这个演示的介绍很简短，但确实是巨大的进步。我在这个会议上多次提出不要让机器人停止、也不要让目标物体停止的问题，现在已经出现了无需停止机器人就能准确识别的系统，所以希望发那科能不断发展这项技术。无需停止机器人或者目标物体也能进行作业，我认为这是实现未来工厂高速化的重要课题。换句话说，我们人类眼中的世界是人眼可视光的带宽范围内的世界，而机械之眼的可视光的带宽范围则更加广阔。让我们以机械之眼的可视光的带宽范围去驱动机器人。希望这样可以实现在机械极限上运行的机器人世界。希望今后发那科进一步发展传感技术，准确获取真实世界、物理世界的信息，实施最佳控制，实现超越有功能的各种功能。

现这不仅限于机器人，而应该是发那科所有商品的基本理念，期待你们的进一步发展。

我要说的就是这些。

社长：感谢石川教授的发言。对于佐久间教授与石川教授的发言，稻叶事业本部长请发表您的看法。

稻叶：感谢佐久间教授、石川教授的宝贵意见。两位针对协同作业机器人、传感器、仿真提出了非常有意思的话题。我们此次的展示会聚焦了易用性这个主题，特别是关于示教功能的易用性，这与上述的三项技术有着密切的关系，我将针对这一点简单地发表一下我的意见。



稻叶事业本部长

被石川先生评价为“巨大进步”的视觉反馈，让机器人追随相对运动的对象进行作业的第一步，是依靠利用视觉传感器数据的控制实现的。并且，QSSR中使用的形状读取路径生成软件包也使用了视觉传感器的数据。佐久间教授提到的现实世界与仿真的结合，是将通过视觉传感器取得的现实世界的信息反映到仿真中实现的。然后再将仿真生成的动作指令送回到现实世界。借用樋口教授的话来说，就是逐渐建立“现实世界与仿真世界的交流”。

通过这种数字技术，一定程度上机器人已经从在固定环境中重复固定动作进入到机器人根据感应到的状况生成动作指令的阶段了。另外，在传感器方面，要实现石川教授提到的高速视觉反馈、大量传感器数据的处理等，就需要解决白濑教授指出的计算资源的课题。这也是在高速执行自动轨迹生成功能时的共通课题。另外，在模拟中，除了物理模型的误差，在发展性用途中，还必须考虑高木教授指出的量子化误差、数值计算误差等问题，计算的高效化将是今后的重要课题。

最后，包括考虑到与人协同作业的应用在内，展览会主要宣传了易用性，但我们将继续以可靠性为核心，推进商品开发。特别是为满足迅速变化的需求，我们将努力保障开发的高速化和可靠性。在ZDT和FabiriQR Contact等维护与维修的远程工具方面，我们计划进一步丰富机器人的功能。使其升级为任何人都能轻松使用、兼顾易用性和可靠性的机器人，希望教授们能继续指导我们的工作。

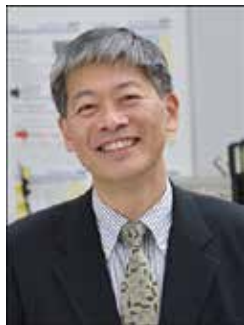
社长：非常感谢您的发言。那么以机器人为中心的环节到此结束。

智能机械

社长：下面，让我们进入到智能机械环节。

首先请松村教授发言。

松村教授：我是刚才社长介绍的东京电机大学的松村。今天，感谢发那科邀请我参加在线座谈会。刚才各位教授已经对数字孪生、FAI以及展览会整体情况发表了各种观点，下面，我将以ROBODRILL为中心谈一谈我的看法。首先，我对于ROBODRILL开发攻丝主轴的工作很感兴趣。这项开发将实现比标准



松村教授

主轴更高的旋转速度，以及惯量下降、加速时间缩短的特点。我认为这是针对用户缩短时间这一需求的技术开发。在我的印象中，这款机械从主轴来看属于中型规格，这个系列给众多用户的印象就是使用方便。也就是说，新开发的产品在中小尺寸零件加工中，特别是汽车零件加工用途中的应用将更加令人期待。另一方面，贵公司推出了最高主轴转速为24,000转的高速规格。与此相比，新款加工机的最高主轴转速仅为其一半，因此对于精细加工等使用小直径工具的用户而言，他们会更倾向于选择支持高速主轴的规格。此次，主轴的开发是主要课题，但今后，希望发那科在工作台进给的高精度、高加速度方面取得更多研发成果。

接着，是关于缩短加工时间的开发课题，展示中提到了如何缩短循环时间。让我很感兴趣的是，原本可同时下达指令驱动的多个动作，现在只需一个指令就能指示。实际上，过去就可以进行复合动作，但是用户对这一功能并不熟悉。例如，用一个指令同时完成工具更换与定位动作，可缩短加工时间，而减少大量生产中零件加工的整体时间，在现场人员看来是非常有用的一个功能。我认为这是发那科脚踏实地、不懈努力的结果，这些钻研工作令人敬佩。

然后，DDR的夹紧、松开自动化亦令人印象深刻。我观看了视频，感受到了“明显的区别”，这对我来说是很新鲜的。控制指

令相关的开发工作进展显著，而我更期待的是发那科今后能针对包括工作台加减速在内的非加工时间的削减问题进行研究开发。

关于iHMI与网络应对，之前就听发那科介绍过，此次我实际观看了展示，发现更容易获取用户的资源，而且也能轻松地与多功能以太网之间建立连接。我想这项开发将促进IoT的应用和AI的导入。我听说中小企业在网络连接上存在不少难题，因此我想这项开发正是从中小企业用户的立场出发考虑的。

关于LINK*i*，现在似乎处于对多台机械进行监控的阶段，但今后，如果能分析出用户对于被监控信息的判断，然后由贵公司提供从中判断出的信息，我想用户就会愿意导入这一功能。

接下来，虽然属于其他领域，但我还是观看了关于使用QSSR进行机器人连接的三个选项。QSSR ON-SITE是指将现有机器与机器人连接，这项功能非常有助于苦于无法连接机器人的用户。虽然现在还不支持与ROBODRILL之间连接，但我认为QSSR AUTO PATH是非常具有挑战性的功能。使用这一功能，在进行机器人的动作设定时需要多少时间呢。如果能与QSSR G-CODE保持相同水平，不考虑导入成本的话，我想大家都会选择AUTO PATH这个选项吧。

另外，我认为AI伺服调整对于现场人员来说是非常方便的功能。特别是在高品质加工中，通过机械学习自动调整伺服设定，可以说具有划时代的意义。在加工现场，调整伺服参数需要相应的经验与知识，但能做到这一点的作业人员很少，因此这项功能非常有帮助。

另外，我认为AI伺服调整对于现场人员来说是非常方便的功能。特别是在高品质加工中，通过机械学习自动调整伺服设定，可以说具有划时代的意义。在加工现场，调整伺服参数需要相应的经验与知识，但能做到这一点的作业人员很少，因此这项功能非常有帮助。

对于最近引发热议的数字孪生，在接口技术开发中的推广给我留下了深刻印象。作为实现“熟练使用”的一步，不仅要考虑硬件，还必须考虑机床是如何处理加工现象的。这里就必须建立与FA的联动，我期待发那科运用自己开发的技术，推进它的具体化发展。

另一方面，作为用户的关心事项，我很关注机床及其关键部位的寿命。贵公司也在实施寿命试验，但关于高性能机床，它的寿命如何？是否会故障？出现故障时如何恢复？或者如何维护？这些都是用户非常关注的问题。用户会在考虑了这些问题的基础上导入产品，而提供这方面的信息以及相应的支持将成为制造商的课题。

另外，在汽车制造商的动力系统生产等量产用设备的运用中，作为切削流程控制中的一环，如何处理产生的切屑常常成为一大问题。这不是指处理从刀头排出的切屑，而是指如何处理残留在工作台上的切屑，属于二次处理问题。有几家企业曾对我抱怨说，切屑残留导致工作台无法转动，不知道要如何控制切屑残留的位置和方向，并将它们粉碎。如何处理这些产生的切屑，作为机床制造商，现在或许应该从现场工人的角度出发来思考解决方法。为此，如果能改进机械加工空间的设计，我想将会增加产品的魅力。

恐怕制造商里负责开发的人员也听到了不少用户的意见或者抱怨。贵公司作为这一领域的领军企业，在思考如何从控制方面着手提供支持并搭载到机床上时，我想应该比其他公司都更具优势，因此，我非常期待贵公司在这一领域的进一步发展。

我的发言到此结束，谢谢各位。

社长：非常感谢松村教授的发言。下面请ROBODRILL研究开发本部的负责人佟本部长发言。

佟：感谢松村教授多角度的意见。关于攻丝主轴和加工时间缩短问题，虽然听着像辛酸的借口，但过去我们一直是以加工能力、加工面品质，也就是所谓的能否加工为重点进行开发的。但如今，还必须将重点放到汽车零件等以加工时间为重点的轻切削上，此次也以此为重点进行了开发。通过该类开发，有助于使客户提高生产效率、减少成本，从而提高客户满意度。接下来是关于教授提到的机械易用性问题，我认为我们正在从“让客户使用”转向“让客户熟练使用”的阶段。今后我们将更加重视用户的意见，让更多客户能够更加简单地熟练运用

ROBODRILL。相信这样也同样可以提高客户满意度。

最后，关于教授提到的切屑问题，切屑可以说是机床永恒的课题。教授刚刚的发言给了我们很大的提示。通过加工方法，可在一定程度上控制切屑的飞散方向等。今后，我们一定会对切屑堆积的问题进行研究。我就说这么多了。



佟本部长

社长：让我们有请下一位教授。下面，请国枝教授发言。

国枝教授：我是东大的国枝。感谢大家对我的关照。此次展览会让我受益匪浅。

我主要观看了ROBOCUT的展示，发现步距精度和真圆度已经达到了1微米级别，非常了不起。在通过机械学习进行热位移补偿、结构分析等方面，如果没有从各种角度出发不断开展基础研究，是无法达到



国枝教授

这样的精度的。

在这方面，我有一个疑问。展示中介绍在经过拓扑优化设计，增强刚性、减轻热变形后，铸件重量增加了400到500公斤。我认为在经过优化后重量应该是减轻的，为什么现在却增加了呢，希望贵公司对此进行说明。

另外是我的一个期望。自放电加工被发明后，自适应控制就成为了非常常见的加工方法，使用间隙电压波形和放电电流波形的自适应控制也被广泛使用。现在，信号处理速度已经可以支持逐一观察放电波形，同时进行自适应控制，问题是每一个波形对应着实际放电的哪一种物理现象，这种与现象之间的对应关系并未建立起来。我想如果能使用可视化的方法进行基础研究，明确波形与现象间的关系，就能让利用电流、电压波形的自适应控制展现出更卓越的性能。

还有一点。慢走丝放电加工是使用非常柔软脆弱的电极丝这种工具进行的加工，这也是妨碍高精度化的主要原因之一。但相反，如果能用传感器测量电极丝的振动、移位和变形，

就能从电极丝的状态中获取各种信息。比如放电反作用力。一次放电产生的放电反作用力会导致电极丝振动或变形。放电反作用力会因为位置、工件厚度等因素而发生变化。如果在工序内测量电极丝的状态，将电极丝本身作为传感器使用，那么结合逆问题解法，就能实现仅靠电流和电压波形难以实现的自适应控制。

次，针对放电位置，也就是检测向何处放电的功能，一直以来都未能实用化，然而海外制造商已经开始将这一功能搭载到机器上，准备用于各种目的了。这方面也希望贵公司能进行研究。

另外，电极丝柔软脆弱，我们是在其发生振动、变形的如在青虫的包络面上进行加工的，如果其直径改变，那么状态和形状也会发生相应的变化，如果能对此进行模拟，将进一步提高精度。这需要脚踏实地的基础研究，但是希望发那科能推进这一研究。

最后，关于加工液，现在还缺少理论研究。水和油，明显会带来不同的加工结果。但是其原因未被揭示。而关于处于这两者中间状态的加工液，有时会根据经验，采用加入添加剂的方法，但即使同样用水，如果导电率改变，加工特性也会完全不同。这方面的原因也没有明确的说明。如果能基于物理原理，揭示这些加工现象的原理，或许就能开发出加工液了。

以上就是我的发言，谢谢各位。拜托各位了。

社长：感谢国枝教授的发言。下面请ROBOCUT研究开发的负责人藤元本部长发言。

藤元：国枝教授，感谢您一直以来在放电现象的研究上给予我们方方面面的指导。

关于您一开始问到的拓扑优化设计后，重量增加的原因，刚才FA的青山英树教授也问了相同的问题，下面，我将基于你们两位的问题进行回答。此次的新机型为了在旧机型



藤元本部长

基础上进一步抑制热位移、提升加工精度，必须采用非常厚实、厚重的结构。为此，铸件重量大幅增加的问题在所难免。在此基础上，运用拓扑优化设计，然后为保证铸件厚度的效果，选择了需要保留的部分。通常，拓扑优化设计多用于轻量化，但此次，我们确保了充分的厚度，以实现“获得足够的强度、增加刚性、增加热稳定性”的目的。最终，大小机型的重量都有增加，小的控制在了400公斤，大的控制在了500公斤。

另外，正如青山教授提到的，我们也发现通过拓扑优化设计制造铸件是存在难度的。但此次我们并没有勉强追求轻量化，而是通过拓扑优化设计找到需要加固的位置，因此在这一点上，铸件的设计就变得比较简单了。

然后，关于电极丝状态的模拟，在这方面国枝教授一直给予我们指导，对此非常感谢。特别是为了进行本公司正在推进的电极丝状态模拟，必须对电极丝承受的力以及放电现象等各个方面进行调查。关于刚才教授提到的加工液的影响，我们还未充分把握相关信息，今后希望在教授指导下，大力推进基础研究。还望您多多指教

社长：非常感谢您的发言。下面有请社本教授。

社本教授：我是名古屋大学的社本。感谢贵公司此次邀请我参加座谈会。我认为此次采用在线形式，资料共享会很方便，所以我准备了资料。首先，我将就自己负责的ROBONANO相关问题进行发言。第1点是油压的精密控制。如这个图表所示，这是通过对静压导向用的油压进行精密控制来抑制变动的



社本教授

技术。乍一看很普通的技术，但是我认为却是非常优秀的技术开发。看似普通，但是超精密的控制是通过抑制周边设备以及环境变动的各项技术的积累而实现的。过去，要抑制周边设备的变动，完全依靠周边设备的制造商，但发那科擅长的伺服技术让周边设备的状态变得非常稳定，我认为很了不起。要追求极致的精度，只有不断提升每一项周边技术才能实现。今后，除了ROBONANO本身，我还期待周边设备，包括对油的压力和温度、周围温度、压缩空气的压力与温度、冷却液等的开发继续得到推进。

接下来，让我感兴趣的是Smart M-Form这项技术。它是接触式的机载测量仪器，是对加工后的表面进行测定，补偿形状误差的系统。这项技术本身并无特别新颖之处，但它的价值在于与NC的一体化。特别是超精密等精细加工领域，加工时间长，此外，测量、作业准备的时间也很长，因此实现高效化是一个非常重要的课题。

然后，是从ROBONANO上操作各种在线测量仪器的Smart M-Setup的开发。这项技术也展示出作业准备不断简化的方

向，我认为非常优秀。但是从内容上来看，我认为还处在用传统方法使用传统机载测量仪器的阶段，不能算作显著进步。期待发那科今后朝着这个方向，进一步推进技术开发。最近，我发现一个问题，那就是虽然作业准备这个领域非常重要，但相关的研究开发并没有什么进步。我们也打算在今后开展这方面的研究，届时希望能与发那科协商讨论。

接下来，是关于ROBODRILL的想法。这个资料中展示的是以高扭矩主轴进行钢材加工的演示。用这种小型机械进行钢材加工是最近的趋势。过去，这种小型机械主要用于铝材加工等用途，但最近我在多个用户企业那里见到了切削钢材的实例。而同时也在这些企业那里听到了抱怨，也就是颤振问题。用这种小型的低刚性机床切削钢材，会导致颤振问题增加。而颤振是所有机床一直都存在的课题。改变主轴转速的技术、合适的参数是什么，作为NC，在抑制颤振上能做的有很多，期待今后继续推进这方面的技术开发。

以上就是我的发言。谢谢各位。

社长：感谢社本教授的发言。下面，请大森教授发言。

大森教授：此次，感谢发那科邀请我参加在线公司内部展览会和座谈会。我看了公司内部展览会和技术资料，下面就ROBONANO发表一些感想。

首先，我非常高兴看到车床款ROBONANO的发布。我相识的企业中有不少是制造镜头模具的镜头制造商，经常使用车床款的机床，也常听他们说“不知道什么时候才能有车床款的ROBONANO”。此次，0.1纳米级的车床款ROBONANO不知实际能达到多少精度，对此我非常期待。

另外，资料上登载了5轴款与车床款ROBONANO的照片，但我看到控制台的位置，5轴款在右侧，车床款在左侧，对此我有个疑问。纵观研究室内的所有超精密加工机，我记得车床设想的是主轴在左侧，而作业准备在右手边进行，所以控制台是在左侧的。但是，去客户工厂参观后意外地发现，即使是超精密车床，控制台也是配置在右侧的，还有些工厂的控制台是与机床分离的，所以我建议根据客户要求设计成分离式，或者同时推出设置在右侧的款式。这方面，今后在向市场推出



大森教授

ROBONANO车床款时，希望发那科听取客户意见、研究讨论。

所有的智能机械都有几个共通的关键词，那就是高加工性能、高运转率、易用性。我们看易用性的部分，可以看到上面写着AI、机械学习。实际上，我从2~3年前就开始将加工中的机械学习与机械性能、加工现象的分析联系起来进行研究了。具体来说，比如研磨加工中的机械学习，各家企业都希望能有自动判断“砂轮的粗细度何时会改变或者何时发生了改变”的功能，因此，我带着解决这一课题的想法，开展研究工作。首先是加工的负载。砂轮是转动型的刀具，因此监测主轴的负载、电力消耗和扭矩，就能马上掌握其状态。另一点是加工中的振动。我发现只要输入这两个值，就能充分把握加工现象。并且，将研磨阻力划分为法向力与切向力，分析它们的特征，就能把握更加细节的现象。特别是如果是车床类型，会遇到切削痕迹、即研磨纹路的问题，它的品质要求很高，因此把握加工现象将越来越重要。另外，我认为要充分掌握0.1纳米这一指令值的使用方法，机械学习在ROBONANO的使用中将变得非常重要。

刚才社本教授也提到了机载测量装置的话题，这个机载测量功能我在很久以前就开始相关的研究。在阅读了资料后我认为，由于测量分辨率达到了0.1纳米级，ROBONANO的指令值也达到了0.1纳米，因此，当我们想要控制0.1纳米级的加工现象时，测量就必须要达到比0.1纳米高出一个数量级甚至更高的分辨率。之后，厨川教授可能会提到，这一领域被称为皮米加工或皮米技术。我们似乎即将进入量子世界，但究竟需要达到多大的测量分辨率，包括今后ROBONANO需要达到多高的精度，这些都是我们应该考虑的问题。实际上，从企业找我咨询镜头模具加工精度的情况来看，现在要求的精度已经比多年前讨论的水平高了一个数量级。我们已经步入了这样一个时代，因此包括测量分辨率和加工分辨率之间要追求怎样的关系等问题，既是今后对ROBONANO的期待，也将成为研究课题和基于实用性的技术课题。

最后，机载测量功能可在不拆装工件的情况下进行补偿加工，这是一个很大的优点。但实际上，许多客户采用的是将在机外测定的数据送回到机床上，再进行补偿加工的方式。因此必须要能顺利地拆装工件，而为了将机外测定的数据送回ROBONANO，必须研究数据的传输方式和协议等，以满足不同客户的需求。像这种与机外测量的联动等问题，希望发那科今后可以将其作为易用性的一环，进行研究讨论。

以上就是我的发言。谢谢大家。

社长：非常感谢大森教授的发言。那么，关于社本教授和大森教授的指导意见，ROBONANO研究开发部的洪部长有什么看法呢？

洪：我是洪。今天非常感谢教授们给予我们多方面的指导意见及建议。

首先，关于社本教授的发言，关于此次的液压伺服控制，本来我们一开始就应该将其列为研发课题。正如社本教授提到的，如何控制周边设备、如何抑制干扰等，一个又一个问题的堆积，导致超精密加工产生误差，因此，我们深刻认识到如果不实现伺服控制就无法进入下一阶段，于是开始了开发工作。关于社本教授提出的“实际如何应用、能获得多大效果”的问题，从最近的实验来看，在衍射光栅上体现得最为明显。十几万条沟槽、数十小时的加工时间，如果是过去的技术，0.1度的温度变化会产生30纳米的微弱移动，最终表现为衍射光栅上的1条线。但是此次使用伺服控制后，抗干扰性增强，线条消失了。

我们所考虑的ROBONANO的课题包括刚才提及的抗干扰、通过周边设备控制实现稳定化以及易用性，目前正在研发机载测量和准备作业简化功能。

社本教授发表了关于机载测量的意见，机载测量在超精密加工、测量自动化中是非常重要的。但如大森教授所言，必须实现0.01纳米级别的测量能力。这是超精密加工、加工测量的黄金准则，我们将在今后以此为课题开展研究。然后是关于与机外测量的联动，我们也从最近实际接待的商谈中感受到了客户的需求，所以觉得教授的意见非常具有实践性。

关于大森教授指出的操作面板控制台的位置，是作为一体型设置在机械左边，还是分开设置，ROBONANO研究开发部内也曾非常苦恼。这是我们在公司内经过各种讨论后最终做出的决定，但是确实存在未从用户角度出发充分验证的问题。关于教授提出的可分离结构等，今后我们将在听取用户意见后，认真研究讨论。

一直以来，两位教授都给予了我们各方面的指导，为了攻克超精密加工中的每一项微小的关键技术，在未来实现进一步的高精度加工、增强易用性，希望两位教授今后也继续指导我们的工作。以上就是我的发言。



洪部长

社长：非常感谢您的发言。下面，请厨川教授发言。

厨川教授：我是东北大学的厨川。4月开始，我从当时的医工学研究科回到了以前工作过的工学研究科，现在属于工学研究科机械系。此次，承蒙贵公司邀请我参加座谈会。在此表示感谢。我从网上展览会中获取了非常有意义的信息。这也是我第一次参加网上展览会，但运用Swipe Video进行演示说明非



厨川教授

常简单易懂，我认为是很有效的工具。再一次向发那科致以谢意。

关于ROBONANO，刚才大森教授也提到了，我对接触式的机载测量仪器非常感兴趣。当然，这种仪器只测量截面的话，测量速度很快，但是实际上，轴对称的非球面光学透镜也会出现非轴对称的误差，因此对所有面进行测量的需求并不少见。为了尽可能迅速完成对这些部位的测量，我认为开发非接触式的测量方法很有必要。我曾经开发过个位数nm级别的产品，我认为0.1nm级别的开发难度还是很大的，我对贵公司的开发能力抱有很大的期待。

我和大森教授一样，以研磨为专业。最初接触这一学科是在1980年代，研究的是喷气发动机涡轮叶片的蠕变进给研磨。目标是实现高效率加工，从而大量生产使用难切削材料的零件。之后，到了1990年代，因为高精度、高品质加工需求的出现，开始研究超精密研磨、纳米精度以及刚才大森教授介绍的皮米精度加工。之所以从事这些研究，是因为过去硬件的进步和开发不可或缺，但近来如何使用这些硬件，也就是软件的开发变得非常重要。

浅间教授提到了数字孪生之后的数字三元组技术，比如机床的配置、作业人员的安全性和舒适性，浅间教授还提到了实现幸福感，希望发那科能完成、实现这些概念。

另一方面，在制造并熟练运用产品以外，重要的是将这些产品恢复为资源，也就是再生和再利用，这是无法避免的课题。换言之，希望发那科务必明确循环型制造的方向。

然后，刚才提到了纳米精度、皮米精度的话题，但光有制造形状加工是不够的。必须让产品或者表面下方的结晶结构具备功能性，以此来衡量产品自身的高附加值，这一点将变得非常重要。希望发那科以新技术为目标，推进开发工作，例如通过加工，让表面结构的控制变得简单，然后，通

过控制其内部的结晶结构或者材料内部的空洞，改变整体的机械特性，或者明确特性变化的方向，又或者开发融合各种材料的多材料结构创建技术等。

如果这些产品的销售对象，能实现这种纳米精度、皮米精度的机械加工，就能在一定程度上将这些产品应用于半导体领域。例如最近的堆叠IC，现在开发出了堆叠100层、200层的产品，而层间的绝缘膜加工，我认为绝对是机械加工所擅长的。我认为参与这一领域的可能性和潜力是十分巨大的。

我的发言到此结束，谢谢各位。我就说这么多了。

社长：感谢厨川教授的发言。内田事业本部长，下面请您发言。

内田：大家好，我是内田。教授们从各种角度提出了宝贵的意见，非常感谢。而我将对今天最热门的话题数字孪生，包括智能机械，做一些简单的发言。关于发那科现在的工作，野田事业本部长已经做了介绍，我将更进一步，谈一谈今后的方向性。



内田事业本部长

在此次的在线公司内部展览会上，

我们打出了“发那科CNC的数字孪生”这样的宣传标语，但事前稻叶会长曾提议能否不要用“发那科CNC的……”这样的表述，而是用“发那科的……”。于是我们考虑明年先不管“数字孪生”这个名字的对错，而是推出发那科统一的概念“数字·现实·互联”。

最近，“数字与现实”或者“网络与物理”这样的表述常常被用到，对此，本公司CNC相关的年轻部长提出意见说：“加上互联这个词是不是更好。”听他这么一说，我们觉得的确如此，即便我们推进“模拟”与“实际加工和测量”这两方面的研究开发，但如果两者没有交集就没有意义，所以两者之间适宜地共享数据与信息非常重要。所以，我们决定加入互联的概念。作为发那科的方向性，就是“数字·现实·互联”这个概念。刚才听新野教授提到了“动态”这个词，或许以后会有“动态·数字孪生”这样的概念。但关于命名这个问题，经常听到有人说“名字取得不好”，所以今后我们将在这方面集思广益。

然后，“发那科数字孪生技术的关键是什么？”被问到这个问题的时候，我个人认为核心仍然是伺服技术。CNC竞争对手

企业在提到数字孪生的时候，基本都把孪生限定在CAM和CNC之间，不包含之后的伺服系统和实际加工。因此，发那科的数字孪生概念将进一步加强伺服系统的地位，希望以此实现差异化。幸运的是发那科从二十多年前开始就拥有了伺服向导这一工具，它可以充分地收集伺服的状态信息，近年来其功能更是得到了进一步升级发展。我们正在考虑在新一代CNC上，将CAD数据、CNC的模拟结果、机载测量仪器的测量结果、机外测量仪器的测量结果等全部汇总到伺服向导中。将机械加工相关的各种数据集约到伺服向导上，将创造出各种附加值。关于这个话题，我想今天参加座谈会的教授们一定会问：“伺服技术很优秀，但是刀具方面又如何呢？”对此，我要遗憾地说，本公司虽然是刀具的大用户，但没有开发部门，所以这方面有些薄弱。因此，为了完成我们的理念，希望教授们在刀具相关的模拟、状态掌握方面，提供各种见解和知识，补上发那科所缺失的那一块，从而完成发那科的理念。

我的发言到此结束，谢谢各位。

社长：非常感谢您的发言。

■ 总评

社长：最后，请青山藤词郎教授对整体提出指导性意见。有请。

青山（藤）教授：今天，感谢发那科邀请我参加这场座谈会。我也观看了在线的展览会。一开始樋口教授提到，这次在线展览会要先看技术说明会，再进入个别展示，这样流程就非常简单易懂。大家也提前仔细地观看了个别展示，包括技术说明会，正因为此，今天开展了涉及许多话题的热烈讨论，我想这也



青山（藤）教授

超出了山口社长的预期。但现场的真实感受，例如ROBO-DRILL高负载切削的震撼力、振动、声音、三维的空间感等无法传达给观众，所以我想将这两种形式结合将是未来要解决的课题。

我特别感兴趣的是ROBONANO、协同作业机器人。两年前，发那科的绿色机器人逐渐发展，在观看此次的展览会后，我感觉这款协同作业机器人的开发取得了显著进步并迈入了正轨。菅野教授提及的番茄收割、佐久间教授谈到的医疗难题、软性

机械手夹取等，如果协同机器人能与这些技术顺利组合在一起，或许能争取到过去不在发那科对象范围内的客户。刚才，厨川教授也提到了客户范围进一步扩大的话题，发那科以机床制造商为主要对象这一点并没有改变，但我们也感到发那科的市场和领域正在不断扩大。

发那科制造产品并提供给社会，社会的发展和反馈是怎样的？在产业界与大学教授、学术界人士的合作方面，如何进一步与社会联动，为新的制造贡献力量？我认为今后发那科会将更多力量转移到对这些问题的研究上。

我还观看了发那科学院的面对面学院讲座以及在线的eACAD-EMY视频。在线教育组合了点播和实时直播讲座的两种形式。大学从2020年度春季学期开始，突然转变为在线教育，学术界的人都认为这场新冠疫情平息后，大概也不会恢复原状了。关于充实在线教育和现场面对面教育，各所大学有着不同的想法，但都在进行这方面的探索。发那科很认真地在开展这方面的工作，因此我希望发那科学院能与学术界人士共享在线和面对面课程中的问题点、学生的期望、优点等，探讨如何有效构建在线与面对面的混合型教育，培养人才。然后，我对于在线教育讲师的培训也很感兴趣。发那科学院有很多值得大学参考的地方。

另外，我想作为全球性企业，今后发那科将酌情通过各种媒体发布在碳中和方面的举措，但我希望在这方面，发那科也能与学术界人士交换意见。

今天，感谢发那科为我们提供这场在线座谈会的平台。我冒昧地代表学术界人士，再次向以稻叶会长、山口会长为代表的发那科的相关人员表示感谢。

今天，各学术界人士发表了各种意见和感想，希望能为你们提供參考，祝愿发那科蓬勃发展，也祝愿各位学术界人士与发那科一起共同成长。今后也请多多指教。我的发言到此结束，谢谢各位。

以上就是我的总结发言。

社长：感谢青山教授暖心的发言。感谢各位教授在百忙之中，抽出大量时间来参加座谈会。在今天的座谈会之前，还花了很长时间观看公司内部展览会，再次向诸位表示感谢。感谢你们宝贵的指导意见。在线展览会的优点在于可以慢慢观看、反复观看，但同时也存在缺乏互动性、不能提问等缺点，因此期待明年能够举办实地的公司内部展览会。届时也希望教授们能齐聚一堂举办座谈会，但其中可能会有教授在时间安排上存在困难，对于这些教授，希望能以在线形式出席。再一次对大家百忙之中齐聚于此参加座谈会表示衷心的感谢。今天的座谈会到此结束。

谢谢大家。

发那科的四季

暑热缓解、虫鸣嘹亮，发那科森林郁郁葱葱，花团锦簇，果实累累，为短暂的夏天增添了亮丽的色彩。

为大家介绍浓密绿荫中悄然优雅伫立的小花。



黄山梅



轮叶沙参



山野豌豆

ROBOSHOT的底座框架制造

Roboshot工厂负责制造Roboshot的基础，也就是直接关系机械精度的底座框架。大型的底座框架是全长超过6m、重达2吨的大型零件。该零件通过大致四道工序制造。

第一道工序是在柱状零件上进行螺纹孔加工。第二道工序是对经过螺纹孔加工的柱子和其他零件进行焊接组装。第三道工序是在底座框架的顶面进行机械加工，最后喷涂后完工。这些工序利用机器人推进自动化，实现了高品质和高生产率。

在柱状零件加工工序中，由机器人利用视觉传感器检测托盘上堆放的钢材，然后供应给Robodrill。

在焊接工序中，由两台焊接机器人利用触摸感应来检测底座框架的位置，准确地进行焊接。底座框架搭载在利用伺服电机驱动的反转装置上，通过自由地改变底座朝向，可对所有面进行焊接。

在顶面加工工序中，可搬运重量2.3t的大型机器人利用视觉传感器确认从自动仓库出库的底座框架，然后将其安装到门型机床的加工夹具上。通过更换机械手，可在变更机型时更换必要的加工夹具，实现对底座框架24小时连续无人加工。

在喷涂工序中，搭载在移动轴上的两台喷涂机器人根据底座框架的位置自动移动到合适的地方，进行高品质喷涂。

大型自动仓库连接了焊接、加工、喷涂各道工序，并进行搬运，从而削减了物流工时。

另外，所有机器人和机床都实现联网，利用FIELD system收集和分析信息，提高了生产效率与产品品质。

在底座框架的生产中活用机器人，实现了Roboshot的高精度和高品质。



柱状零件加工工序

(将机器人用视觉传感器确认过的钢材供应给ROBODRILL)



焊接工序

(利用两台机器人，焊接反转装置上的底座框架)



顶面加工工序

(大机器人将底座框架安装到加工夹具上)



喷涂工序

(用两台机器人对底座框架进行高品质喷涂)



发那科的历史系列②

“电油步进电机”

1959年开发，并取得专利。这台被称为发那科原点的电机，由创始人稻叶清右卫门博士开发。

凭借其独特的内置液压控制机构，大扭矩的液压电机可跟随输入的电脉冲电机的动作。凭借简单的开环控制，实现了稳定且高精度的动作，在多种机床的轴进给中得到广泛应用。



FANUC新闻 2021-Ⅱ

ファナック株式会社

邮编401-0597 日本山梨县南都留郡忍野村忍草3580 www.fanuc.co.jp

电话：(+81) 555-84-5555 (总机) FAX: (+81) 555-84-5512 (总机)

发行责任人 常务执行役員兼CISO 松原俊介（研究开发推进及支援本部长）