

## 静岡県の精密技術のアンケート結果報告

Report of Questionnaire Result on Precision Technology in Shizuoka Prefecture

大塚 二郎\*、後藤 昭弘\*\*、大岩 孝彰+、酒井 克彦+、柴田 義文++

Jiro OTSUKA, Akihiro GOTO, Takaaki OIWA, Katsuhiko SAKAI and Yoshifumi SHIBATA

Abstract: A questionnaire on precision technology in Shizuoka Prefecture was conducted by Advanced Precision Technology Committee (APT-com) in 2019. The total number of respondents was 62, of which 27 were committee members and 30 were mold engineers. Regarding the image values of "precision and resolution", the distribution graph of the "precision" image is almost the same as usual and tends to concentrate on 1 to 100  $\mu\text{m}$ . On the other hand, with regards to "ultra-precision", many respondents show an image value of 1  $\mu\text{m}$  or less. Among them, there were multiple respondents who indicated 0.1 nm (= 100 pm) and 0.01 nm (= 10 pm), indicating that they are aiming for "pico technology" rather than "nanotechnology". And it was found that the shortage of engineers is a major problem, and that there are problems such as processing, measurement, and temperature control. It was also found that the percentage of companies that do not implement AI or IoT is high, and it is necessary to take measures as a committee.

### 1. はじめに

本著者の一人が、1997年に(財)浜松地域テクノポリス推進機構の協力のもとに、静岡県の企業、公設試、大学、22か所を訪問し、精密技術の当時の当時の状況を見学・把握し、意見をいただいた。同時に「精密・超精密技術に関するアンケート」を行った<sup>1)</sup>。全国レベルのアンケート調査を行っていた精密工学会超精密位置決め専門委員会のアンケート結果<sup>2)</sup>と比べると、静岡県の技術レベルは約10年遅れているのではないかと推測された。そこで事務局を(財)浜松地域テクノポリス推進機構として、1998年に「精密技術研究会」(後に「先端精密技術研究会」と改称)を企業42社、個人会員6名のもとに発足した<sup>3)</sup>。その目的は以下の通りである。精密技術研究会は、非営利の独立した自主的研究組織として、新しい精密技術に関して基礎となる新しい現象や学問、実際の応用例などを中心として情報交換を行い、関連分野の科学と技術の進歩に資することを目的とし、それを達成するため、次の事業を行う。

- (1) 年数回の講演会、講習会、企業訪問
- (2) その他本会の目的達成のため必要と認められる事業

その後、事務局を務めた浜松地域テクノポリス推進機構は「浜松地域イノベーション推進機構」と名を変え先端精密技術研究会の次のような方針が追加された。

先端精密技術に対して期待されるAI(人工知能)、IoT

(モノのインターネット)を意識しつつ

- (1) 新しい加工、計測、制御位置決めなどの技術を持つ企業を訪問して、それらの技術について講演していただき、産学官の業務連携をめざす。
- (2) 先端精密技術の要諦である基礎技術を重視する。

先端精密技術研究会(Advanced Precision Technologyを略してAPT研ともいう)は2021年で23年を経過するまで、企業数40社、個人会員20となっている。(ただし、県外からの参加2社も認めている)

### 2. APT研アンケート集計結果

以下、今回のアンケートの質問とその回答結果を順に示す。まず、表1にアンケートの回答数を示す。先端精密技術研究会会員27件、非会員35件の合計62件の回答をいただくことができた。非会員の回答者の多くは、2019年に、静岡県西部地区の金型メーカーを主な構成メンバーとして発足した「金型技術研究会」の企業の方であり、今回のアンケートの特徴になっている。

表1 回答数

	回答件数
合計	62件
会員	27件
非会員	35件

2021年2月26日受理

\* 名誉教授

\*\* 理工学部 機械工学科

+ 静岡大学

++ 静岡技術移転合同会社

#### 2.1 質問[1] 回答者について

質問[1]では、回答者について、所属、職種、関心事項について質問した。

回答者の所属についての質問内容と回答結果を図1に示す。1997年の第1回アンケートから、大きな変化は見られない。

(1) あなたが所属する組織を選んでください(個人も可)。  
①企業 ②大学・高専など ③公的研究機関  
④その他( )

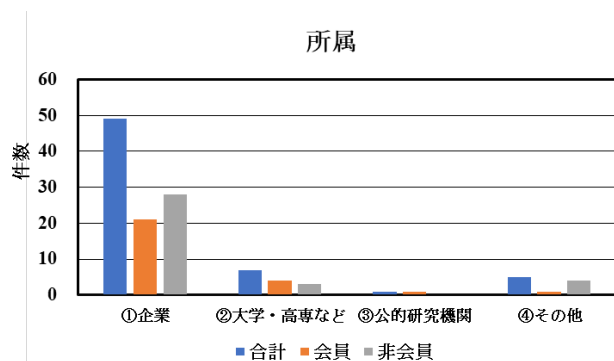


図1 回答者の所属の分類

次に、回答者の職種についての質問を行った。質問内容と回答結果を図2に示す。

今までのアンケートと比べると、「②研究・開発」が減少し、「⑥営業・営業技術」と「⑦その他(学生、個人事業)」が増加しているものの、大きな変化は見られない<sup>3)</sup>。

(2) あなたの職種を下記より選んでください(複数回答可)。  
①設計 ②研究・開発 ③加工技術 ④組立技術  
⑤検査 ⑥営業・営業技術 ⑦その他( )  
 (重複あり)

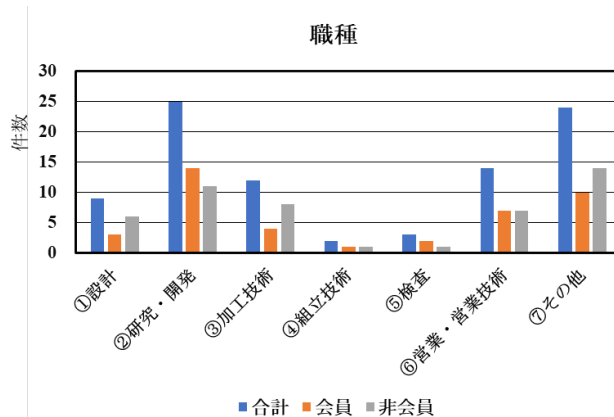


図2 回答者の職種

次に、回答者の関心のある分野について質問した。質問内容と回答結果を図3に示す。

第1回(1998年)アンケートより今回の第6回まで、常に1位は「①加工」であり、2~4位は「②位置決め」、「③計測」、「④制御(メカトロニクスを含む)」と変化ない。「⑦CAD/CAM」が上位に入ってきたのが特徴である。「⑨半導体」が消えてしまった。

(3) 次の精密技術と思われる中に、貴社(貴方)の関心のある物を選んでください(複数回答可)。  
①加工 ②位置決め ③計測 ④制御(メカトロニクスを含む)  
⑤機械要素 ⑥環境 ⑦CAD・CAM ⑧トライボロジー ⑨半導体 ⑩その他( )

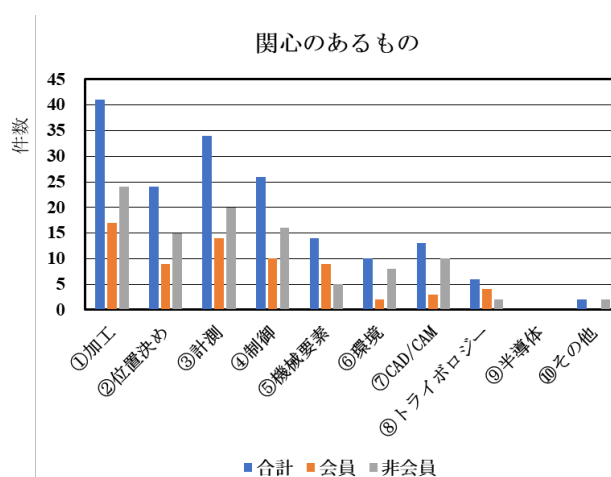


図3 関心のある分野

前問(3)で最も回答数の多かった「①加工」の分野の内容についての質問を行った。質問内容と回答結果を図4に示す。

前問(3)で1位となった「加工」の内訳を見ると、「①切削」が1位であり、次いで「②研削・研磨」、「③塑性加工」と続くが、4位に非会員の「④電気加工」が入ってきたのが大きな変化である。これは、非会員に金型関係の方が多いためである。

(4) 上記(3)の質問で「①加工」とお答えの方にお聞きします。それは次のどれですか。  
①切削 ②研削・研磨 ③塑性加工 ④電気加工  
⑤その他( )

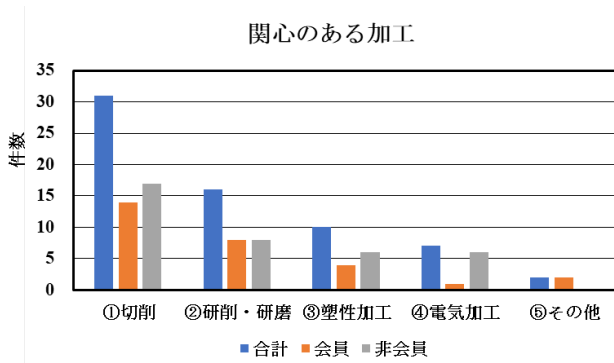


図4 関心のある加工技術

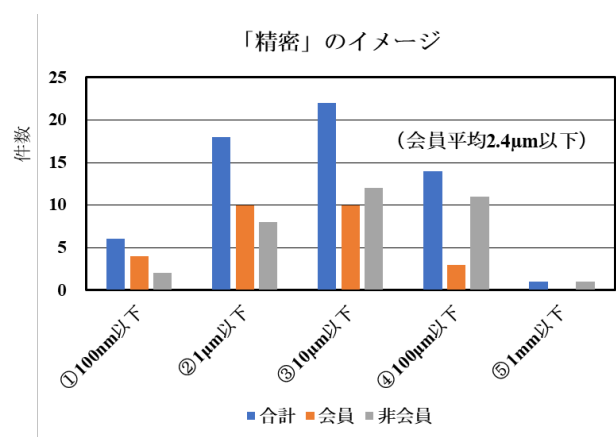


図5 「精密」のイメージ

2.2 質問[2] 精度・分解能について

質問[2]は本アンケートの中心部分である精度・分解能についてのイメージ調査である。「精密」、「超精密」という言葉からイメージするレベルを選択していただいた。「精密」に対する質問内容と回答結果を図5に、「超精密」に対する質問内容と回答結果を図6に示す。

今回のアンケート結果の特徴は以下のとおりである。

(1) 「「精密」のイメージ」のグラフより、ほとんどが1~100μmに入っている。→平均2.4μm以下。

(2) 非会員の中に金型関係者が多いが、鋳造やプラスチック関係はイメージ値が「1mm以下」の意見がある一方、「μm以下」レベルの金型を製造している回答者もあり、イメージ値の幅が大きい。

(3) 「「超精密」のイメージ」の値のグラフは、今までにない分布を示していて、ほとんどが「1μm以下」であり、その中で数件「0.1nm以下」、「0.01nm以下」があるのは注目値とする。というのは、これは「100pm」、「10pm」とピコテクノロジーを意識している複数の画期的な意見であるからである。(1nm=10<sup>3</sup>pm。原子の大きさはサブnmである。)ナノテクノロジーは、日本で1975年に定義され、100nm以下を扱う技術で、今や原子・分子を扱う成熟技術となっている。それに対し、ピコテクノロジーは陽子、中性子、電子等のレベルを扱う技術となり、静岡県にそれが発芽しているのは大いに注目すべきである。

(4) 一方、工作機械では、精度サブミクロンの加工精度をいかに達成するかが、超精密の鍵となっていることがわかる。

- (2) 超精密
- ①0.01nm以下
  - ②0.1nm以下
  - ③1nm以下
  - ④10nm以下
  - ⑤100nm (=0.1μm)以下
  - ⑥1μm以下
  - ⑦10μm以下
  - ⑧100μm (=0.1mm)以下

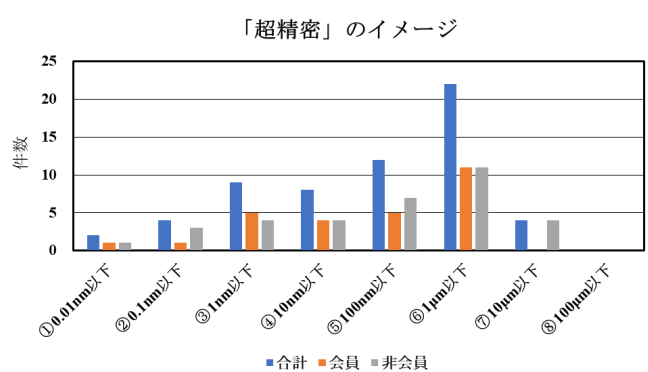


図6 「超精密」のイメージ

なお、精度・分解能についての回答者からのご意見を以下に記す。

《回答者のご意見》

- ・機械の位置決め精度をイメージして記載しました。加工面品位はRa 10 nm以下を目指しています。
- ・一般の工業製品が対象です。
- ・小型化工機の精度保証について、振動防止上の機械剛性とモータ等による熱変位対策(コストTのマッチング)が難しい。
- ・加工精度のイメージです。
- ・技術の日進月歩が速い。
- ・弊社には精密レベルまでしか工程が無く、超精密にはあまり縁がない状況である。
- ・位置決めロボット用の電子制御ボードを作製しているが、ロボットの精度までは理解が少ない。

現時点において、一言で“精密”あるいは“超精密”といった場合、どの程度の精度・分解能をイメージされますか。

(1) 精密

- ①100nm (=0.1μm)以下
- ②1μm以下
- ③10μm以下
- ④100μm (=0.1mm)以下
- ⑤1mm以下

- ・軸加工時ですので、ベアリング部は±0.05 です。
- ・現状塑性加工では 100 μm 以下は精密とは言えない。実際は 50 μm～30 μm 以下となる鍛造ギヤなどの歯車精度は旧 JIS4 級以上を求められており、それをクリアするレベルで精密と言える。塑性加工での超精密レベルは難しい。
- ・上記回答は加工における精密程度。測定では 1/10 の精度・分解能となる。
- ・我が社の取り扱う金型の精度整合性は 0.001～0.002 以下と 0.005～0.01 以内の寸法を確保できる加工と測定保証となります。技術研究会で安定的な加工条件、測定方法等学べればと思います。
- ・新規開発品の 3 次元超精密微細加工 (R2 μm ミーリング) を行う上で、形状精度で 1 μm 以下・面粗さで 10 nm 以下の客先要望が出ている。工作機・CAM ソフト・被削材・刃具種類を厳選しても非常にハードルが高い。

### 2.3 質問 [3] 精密・超精密技術に属する事業の有無

次に、回答者の事業の中に、精密・超精密技術に属するものがあるかどうかの質問を行った。「精密」についての質問内容と回答結果を表 2 に、「超精密」についての質問内容と回答結果を表 3 に示す。

貴社（貴方）の扱っている事業の中に、精密・超精密技術に属すると思われるのがありますか。  
 (1) 精密技術 ①ある ②ない

表 2 「精密」に属する事業の有無

「①ある」の回答者合計	38 件
会員	19 件
非会員	19 件

貴社（貴方）の扱っている事業の中に、精密・超精密技術に属すると思われるのがありますか。  
 (2) 超精密技術 ①ある ②ない

表 3 「精密」に属する事業の有無

「①ある」の回答者合計	15 件
会員	7 件
非会員	8 件

上記 (1)、(2) の質問に「①ある」と回答した方に具体的な内容を記載していただいた。その内容を以下に示す。  
 (具体的な固有名称等は、省略した。)

(3) 上記 (1) (2) で、「①ある」とお答えの方にお聞きします。それは何ですか。差し支えなければ、できるだけ具体的にお答えください。

精密技術①：  
 超精密技術②：

#### 《回答内容》

- ②超精密旋盤、超精密加工機（位置決め精度 10nm）による加工研究を行っています。
- ①音の伝わる速さ測定による濃度計測、30 μm 程度の振動による粘度計測および加工
- ①サーボモータなどの位置決め精度
- ①位置決め用カップリング ②位置決め用カップリング
- 平面研磨 センターレス研磨 (5 μm 程度迄)
- ①半導体治具関連、医療部品、光学系金型関連の加工 ②成形金型やグラフィット治具等で製品に転写される加工面品位
- ①自動車部品 外径研削仕上げ加工 公差 8 μm
- ①位置決め技術・加工技術
- ①木工機械のスピンドル
- ①回転軸の芯振れ精度
- ①ボールねじれによる精密位置決め。 ②ボールねじによるナノメートルレベルの超精密位置決め
- ①電動車に使われる部品
- ①燃料噴射ポンプ他
- ①レーザー関連・ファイバー関連
- ①小型 5 軸加工機
- ①燃料ポンプ、ターボハウジング
- ①切削加工、組立調整位置決め
- ①ペン先の成形寸法
- ①②放電加工精度
- ①マイクロエンドミルを用いた研究。②超精密切削による切削特性に関する研究
- ①3 次元計測
- ①高精度放電加工機 ②超高精度放電加工機
- ①3D スキャナ ②ナノ加工装置
- ①機械加工 ②半導体
- ①金型の製造(切削・研磨・放電加工・手仕上げ磨き)
- ①プレス絞り加工におけるの径寸法
- ①プレス金型製作における、切削加工精度
- ①②エンコーダ
- ①金型製作
- ①②切削加工、位置度
- ①金型、樹脂製品
- ①プレス切断バリの高さ
- ①旧 JIS4 級以上の鍛錬ギヤ成形

- ①ワイヤ放電加工、形彫放電加工 ②ナノ(ピコ)秒レーザー 表面改質加工
- ①精密金型加工
- ①設計、製作(研削、放電、ミーリング、仕上げ)
- ②超精密マシニングセンターによる3次元形状精度±10 μmの加工実績を有する。

2. 4 質問 [4] AI、IoTの導入状況

質問 [4] として、在注目されている「AI」、「IoT」の導入状況について質問した。質問の内容、回答の結果を図7に示す。また、実施している場合の内容についても回答していただいた。

全回答数 53 件中、「①さかんに実施している」は 5 件あり、「②多少実施している」が 16 件あるのは、称賛に値するのではないかと。一方「③実施していない」が 32 件あるのは気になる。業種によっては、上の「(2) 回答者のご意見」を見ても、実施は難しいのかもしれない。

ただし、本研究会は 4 年前から AI、IoT を研究会の中心方針としているので、厳しい環境下にあるものの、これから大いに見学会、講習会、後援会を催していくことが求められていると考える。

現在注目されている「AI」、「IoT」についてうかがいます。  
①さかんに実施している    ②多少実施している  
③実施していない

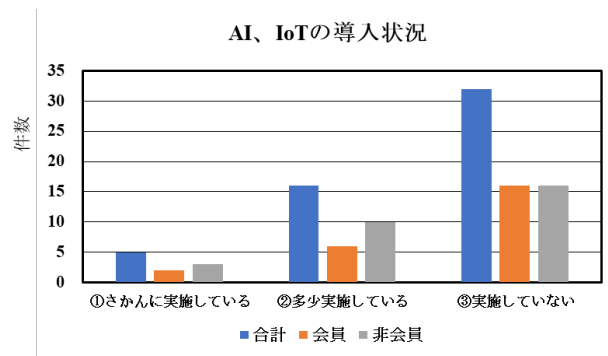


図7 AI、IoTの導入状況

(1) 実施している場合、差し支えない範囲で、その内容をお書きください。

《回答内容》

- 情報収集、セミナーの企画、参加
- 当社では導入していないが、取り扱いメーカーでは I 顧客様に IoT の PR をしている。
- IoT に関してのみ自社設備において設備状態情報の取込みや表示、ワーク情報とのひもづけ。他社への

IoT システムの販売。

- IoT 技術を活用して全ての自社製品展示機の機械状態を「見える化」してその情報をクラウドサーバーに保存と同時に何処でも何時でもスマホ (タブレット、PC) 等で確認したり、予防保全できるシステムを提供している。
- 製造ライン設備のネットワーク化
- 画像処理において、AI 技術の研究を始めている。
- NC 加工機から発注するログデータを管理できる制御システムを取り入れている。
- 工作機械周辺設備導入、新分野開拓
- 機械がデータを取得し、そのデータをグラフ化・見える化をしています。さらに、そのデータを蓄積・ビッグデータ化そして、新たな提案の参考としている。
- IoT を予防保全の目的で製品に組み込んでいる。
- K 社の V と呼ばれる画像認識 AI を多数販売した。M 社加工機の IoT で R と呼ばれる稼働監視とリモートメンテを多数導入いただいた。
- 営業支援システム
- マシニングセンターの稼働管理
- IoT: 生産設備の情報収集を一部 AI: 製品検査を取組み始めた。
- 生産現場の品質管理
- 自社製品への IoT 対応機能付加、自社製品への AI 組み込み検討
- M 社の加工機に搭載されている機能を PR し販売している。
- 生産ラインの稼働状況や動作データの監視
- マシニングセンターのリアルタイム監視を行っている。

《回答者のご意見》

- 将来導入は必要と考えているが、検討以前。
- 顧客様でも、IoT に興味があるが、何から手を付けて良いのか、調査中。
- これらの技術を活用してどのようなメリットが得られるかが重要、生産性の向上やコスト低減及び新規業務開拓等に繋がられるかがポイントと思います。AI については前述で収集したビッグデータを以下に活用できるかが焦点となり今後の課題と考えます。
- AI に関する系統的な教育をぜひ検討して戴きたい。(基礎～上級まで)
- 県内は AI、IoT ともに遅れていると思う。
- つながるまでは、どのメーカーでもできるところまで来ております。今後はその活かし方や何を見られて使いやすいようにできるかも必要でニーズも高くなっていると思います。
- 設備メーカーが違っても、同一ソフトでの管理が望

ましい。

- IoTではないが、通信を応用した制御基盤の開発経験はあり。
- 鋳造関係では、これほどの精度は要求されない・凝固・湯流れシミュレーションが「AI」「IoT」等に含まれるのでしょうか？
- AI, IoTは大量なデータが必要なためできるだけ早くから収集すべきであるが、何を収集すべきかが難しく手をつけられずにいます。
- 高速・大容量化(5G)などの今後の展開
- 現在0.01以下の精度を確保する加工を当たり前のように行っているが、最適加工条件等を集約(データ化)出来ておりません。AI, IOT技術を組み入れた場合の加工技術の具体的なビジョンが見いだせない現状です。研究会では個々の加工技術にAI, IoTを組み入れた研究開発に参画したいと思います。
- IoT, AIに興味はあるが具体的に実務にどう繋げるかのイメージが出来ないため、情報取りレベルに留まっている。

## 2.5 質問[5] 精密技術に関する困りごと

最後の質問として、精密技術に関して、現在お困りの点について質問した。質問内容とその分類に対する回答を図8に示す。また、具体的な内容についてのご意見を記す。

精密技術に関して現在お困りの点をお答えください。できれば( )内に具体的にご記入ください。

①技術者の不足、養成 ( )

②加工、計測、制御方法等の問題 ( )

③外乱、振動等の問題 ( )

④環境、温度等の問題 ( )

⑤熱による伸縮 ( )

⑥精度などの検証の問題 ( )

⑦低価格化の問題 ( )

⑧その他 ( )

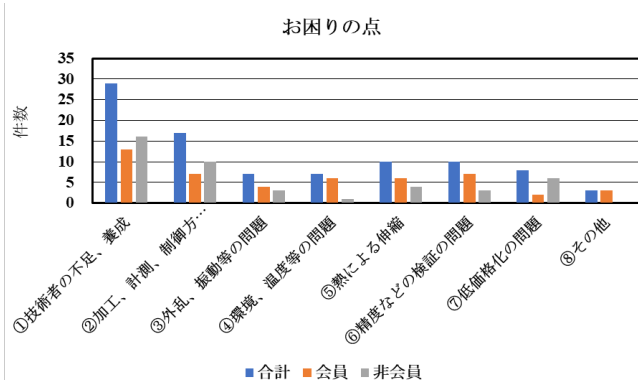


図8 精密技術に関する困りごと

## 《回答者のご意見》

- ③要素技術に対するアプリケーション開拓、外的要因による誤差の縮小等
- ④温度管理した部屋の不足
- ③④⑤環境温度変化による機械の姿勢変化など
- ②④⑥超精密加工を安定的に実現するためには超精密加工機械、最適な工具、CAD/CAMプログラム、④恒温設置環境のバランス良い対応が必須と考えます。
- ①興味を持つ若者不足
- ⑧インバーターの性能
- ①県全体で基礎不足。 ②一般に諸測定機器が不足している。④恒温室が非常に少ない。⑤上記の温度コントロールができないので、当然熱膨張の問題が出てくる。⑥精度をチェックしようにも県内にマスターなるべく物が少ない。⑧アナログの良さが忘れられている。これは全国的。日本全体が勉強不足である→研究のレベル低下。
- ②加工/計測設備と製品双方において
- ①若手技術者に精密位置決めに関連するテーマが少ない。 ③切削加工機で加工中の振動解析が困難。⑤小型加工機のためモータの発熱対策に苦慮する。
- ②寸法公差内にすべて加工する技術
- ①金型技術、加工技術に興味を持つ人材が少ない。教育方法が分からない。
- ②加工精度にバラツキがあり、原因の特定が難しい。
- ①若い世代の育成
- ①新卒採用が困難である。
- ①大手メーカーの引き抜き ②古い設備の更新が追い付かない ③都市部での製造は？ ④建屋が古い ⑥検査が足りない ⑦新型設備は？ ⑧中小企業に人材は集まりにくい。古い人はいつまでも居たがる。新しい技術を導入しづらい。
- ①新入社員の応募が少ない、定着率が低い。②プレス型内部のたわみ等動的に計測したい。⑤量産による型温度上昇に伴う膨張を定量的に把握できない。⑦中国メーカーの低価格に追従することが出来ない。
- ①技術者の応募が少なく、育成に時間がかかる。
- ①客先から良く聞く。②古い機械(20~30年前)を使っており更新できていない。
- ②制御方法等の問題：CAMデータと加工機の適正化
- ⑥測定時間や検証の負荷
- ①養成：若手(大・高)卒者の人材確保
- ②0.01以下の安定、正確、早い機上測定技術
- ④加工による発熱、排気による室内、環境、温度対策
- ⑤機械、材料を含めた伸縮が明確化できていない。
- ⑥各加工工程での正確で早い測定

- ①理詰めで技術開発を行える人材が不足。
- ④5軸精密微細加工での磨きレス加工に向けたマシン制御

### 3. 最後に

以上、アンケートの結果について報告したが、おおよそ、次のようなことが言える。

- (1) 先端精密技術研究会員 27 件の他、非会員 35 件の中に、多くの金型関係の方の意見が多く入っていることがわかった。金型関係者に熱意が感じられた。半導体関係者がゼロになったのは残念である。
- (2) 質問 2 の「精度、分解能」のイメージの値について、「精密」のイメージの分布グラフはほぼ例年通りであり、1~100 $\mu\text{m}$  に集中する傾向がある。一方「超精密」に関しては、1 $\mu\text{m}$  以下のイメージ値を示す方が多いが、今までにない分布グラフとなっている。その中で、0.1nm(=100pm)、0.01nm(=10pm) を示す方が複数あり、「ナノテクノロジー」より「ピコテクノロジー」を目指していることは静岡県にとって望ましい状況にある。「精密」と「超精密」の認識値の各平均値は前回、前々回アンケートより大きくなったが、これが何を示すかは、明瞭ではない。
- (3) 質問 3 の“関心のある精密技術の種別”について、6 回続けて第 1 位が「加工」であり、第 2~4 位は「計測」、「位置決め」、「制御(メカトロニクスを含む)」であることがわかった。そして、質問 [1] (4) の「加工」の内容を尋ねたところ、前回同様「切削」が半分近くを占めていた。特筆すべきは、突然「電気加工」が入ってきたが、非会員の方に金型関係者が入っているためと思われる。
- (4) 質問 4 で、今話題の「AI」、「IoT」についてうかがったところ、前回答数 53 件中、21 件が「①さかんに実施している」または「②多少実施している」の回答だった。一方、「③実施していない」が 32 件あり、特に先端精密技術研究会員の実施数が少ないことがわかった。研究会として、今後何等かの対策を取らねばいけないと考える。
- (5) 質問 5 で、技術者の不足が大きな問題となっていることがわかった。次いで、加工、計測、温度管理、制御方法等の問題が、前回までのアンケート同様に解決できていないことがわかった。
- (6) 静岡県は三河地方と併せて、日本の「もの造り」の中心になっているとあっていい。依然自動車、二輪車が盛んであるものの、産業の分野が広がりつつある。例えば、光・音を利用した計測器の開発など、独特の発展を示している。

以上を考慮すると、先端精密技術研究会は、今回のアンケート結果を踏まえて、活動計画(特に、AI、IoT等)を考えなくてはいけないことがわかる。

なお、産学官の連携について、共同研究の詳しい内容は公表できないが、幹事が把握している範囲では、最近 15 年間で共同研究は合計 17 件に達し、その中で 7 件が商品化していることを付け加える。

### 謝辞

本報告書をまとめるに当り、種々ご協力下さった先端精密技術研究会の皆様、浜松地域イノベーション推進機構事務局の大河原恵美様その他の方々に感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 大塚二郎: 静岡県の精密技術についてのアンケート調査報告、静岡理科大学紀要、7 巻(1998)221
- 2) 清水茂夫、坂戸啓一郎: アンケート調査における超精密位置決め技術に関する現状と期待、精密工学会誌、61 巻、11 号(1995)1650
- 3) 大塚二郎: 静岡県の精密技術についてのアンケート調査報告、静岡理科大学紀要、16 巻(2008)87