

国際会議報告 ヨーロッパ精密工学会(EUSPEN) 第14回 国際会議

Report on the 14th International Conference and Exhibition of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (EUSPEN)

● 瀧野日出雄

機械サイエンス学科 教授

● Hideo TAKINO

Dept. of Mechanical Science and Engineering, Professor

● 2014年9月19日受付

● Received : 19 September 2014

The 14th International Conference and Exhibition of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (EUSPEN) was held in Dubrovnik, Croatia from the 2nd to the 6th of June, 2014. This event covered established precision engineering topics such as ultraprecision machines, metrology, ultraprecision manufacturing, assembly processes, and motion control in precision systems as well as new areas of interest relating to precision engineering for medical products and additive manufacturing technologies. This report provides an overview of the 14th EUSPEN conference, including a review of the presentations given at the conference.

キーワード : Metrology, Manufacturing, Machine, Assembly processes, Precision

1. はじめに

ヨーロッパ精密工学会 (European Society of Precision Engineering and Nanotechnology, EUSPEN) の主催する国際会議が、2014年6月2日～6日の期間、クロアチアのドブロブニク (Dubrovnik) で開催された。精密工学分野の動向調査と研究発表とを目的にこの会議に参加したので概要を報告する。

2. 会議の概要

開催地のドブロブニクは、クロアチアの南部、アドリア海に面した港町である。ドブロブニクの旧市街は、歴史ある町として世界遺産にも登録されている (図1)。約20年

前には、ユーゴスラビア紛争のために旧市街も大きな被害を受けたが、現在は平和を取り戻し、多くの観光客を集めている。本国際会議は、この旧市街からバスで20分ほどのホテルでおこなわれた。

EUSPENの国際会議は、今回で14回目である。過去の開催年と開催地を表1に示す。EUSPENは、現在では欧州における精密工学分野の代表的な学会となっているが、古くからある学会ではない。設立は、第一回国際会議の前年の1998年である。EUSPENの国際会議が開催される以前、精密工学の国際会議としては、International Precision Engineering Seminar (IPES) が開催されていたが、これは現在では事実上、本国際会議に統合されている。



図1 ドブロブニクの旧市街

表1 EUSPEN 国際会議の開催履歴

回	年	開催国	開催都市
1	1999	ドイツ	ブレーメン
2	2001	イタリア	トリノ
3	2002	オランダ	アイントハーフェン
4	2004	イギリス	グラスゴー
5	2005	フランス	モンペリエ
6	2006	オーストリア	バーデン・バイ・ウィーン
7	2007	ドイツ	ブレーメン
8	2008	スイス	チューリッヒ
9	2009	スペイン	サンセバスチャン
10	2010	オランダ	デルフト
11	2011	イタリア	コモ
12	2012	スウェーデン	ストックホルム
13	2013	ドイツ	ベルリン
14	2014	クロアチア	ドブロブニク

表2 セッション名称と発表件数

Session Noと名称	口頭発表数	ポスター発表数	総数
1 再生可能エネルギー技術	4	3	7
2 医用機器のための精密工学	4	4	8
3 精密工学のための積層造形技術	4	3	7
4 ナノ・マイクロ計測	5	40	45
5 超精密機械	4	13	17
6 超精密加工と組立技術	5	58	63
7 精密工学とナノテクにおける先進技術	5	29	34
8 精密システムにおける運動制御	4	5	9
合計	35	155	190

本国際会議では例年、キーノートスピーチ、研究発表、展示会、企業のコマーシャルセッション、講習会(Tutorial)、学会員向けの総会がおこなわれている。研究発表には、口頭発表とポスター発表がある。提出した論文の査読により、厳選されたものが口頭発表となり、残りがポスター発表となる。このため、大半がポスター発表となる。また、口頭発表はひと部屋でおこなわれるため、すべての発表を聴講することができる。今回の会議もすべて、以上のような例年どおりのスタイルでおこなわれた。

今回の国際会議では、8種類のセッションがあった。表2には、セッションごとの口頭発表件数とポスター発表件数を示す。表2のなかで、精密計測(Session 4)、精密加工(Session 6)、精密機械(Session 5, 8)の各セッションは、名称を少しずつ変えながらも本国際会議で継続的におこなわれてきたものである。今回は、これに再生可能エネルギー(Session 1)、医用関係(Session 2)、積層造形(Session 3)といった時宜を得たセッションがそれに加わった。これらの新しいセッションの発表件数はそれほど多くはないが、新たな分野を取り込もうとするEUSPENの実行委員会の意気込みが感じられる。

図2は、国別に発表件数をまとめたものである。ドイツと日本が2強であり、この両国で総発表件数の半分近くをしめる。このことから両国において精密工学分野の研究者の層が厚いことがわかる。なお、USAからの発表件数が少ないが、これはアメリカ精密工学会が主催する精密工学の国際会議が毎年、米国内で開催されているためと考えられる。

3. 会議の詳細

今回の国際会議の詳細を、以下のとおり日程に沿って紹介したい。

1日目(6月2日)

チュートリアルとして、「メカトロニクスシステムの設計」と、「光学面の形状計測」に関する講座が開かれた。また、「大型部品の計測」「熱設計」に関するワークショップが開催された。ワークショップのあと、夕方からは、旧市街のレストランで、ウェルカムレセプションが催された。

2日目(6月3日)

この日が実質的な会議初日である。はじめに、EUSPEN会長であるスイス連邦工科大学チューリッヒ校のProf. Wolfgang Knappによる開会の挨拶と、クロアチアの科学・教育・スポーツ大臣のProf. Sasa Zelenikaによるスピーチがおこなわれた。Prof. Zelenikaのスピーチでは、クロアチアを代表する科学者や、クロアチア発祥の製品などが紹介された。磁束密度の単位「テスラ」として知られている科学者ニコラ・テスラは、クロアチア出身とのことである。また、ネクタイはクロアチアで生まれ、万年筆はクロアチア人が考案したらしい。

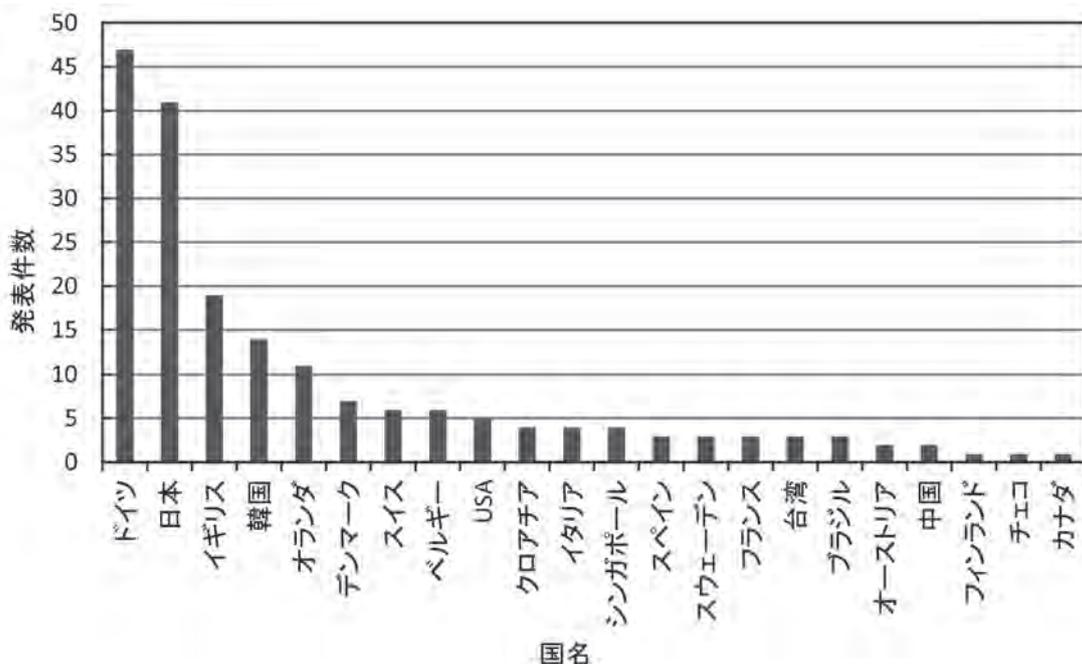


図2 今回の国際会議における国別発表件数

つぎにキーノートスピーチとして、英国 NanoVentures の Dr. Paul Atherton (元 EUSPEN 会長) と中部大の Dr. Beaucamp が講演をおこなった。Dr. Atherton は、「先端技術による富の創造」と題して、製品開発の事例などを交えて富の創造について論じた。たとえばトリプレットという光学系の発明を引用して、重要な発明をしても、それは必ずしも考案した会社に大きな利益をもたらすとは限らないことなどが語られた。周辺技術の発明なども必要なことから、発明が商業化されるには相当な時間がかかり、結局のところ、その発明は予想もしかなかった分野で大きな発展をみる例も多いという。一方で、ベンチャーキャピタルは短期での投資回収をめざしていることなど、先端技術による利益創出の難しさについて語られた。Dr. Beaucamp は、「超精密仕上げの技術的進歩」と題して、光学面のような超平滑面を得るための研削、研磨技術のレビューをおこなった。

キーノートスピーチのあとに、オールラウンドセッションが続いた(図3)。この日のオールラウンドセッションのテーマは、「1. 再生可能エネルギー技術」「2. 医用機器のための精密工学」であった。

「1. 再生可能エネルギー技術」のセッションでは、風力発電システムの展望についての講演(USA, UNCC)があった。風力発電では、ギア・ボックスにコストがかかり、巨大なギアの高精度3次元形状計測が重要な課題になるという。また、太陽光発電用集光レンズの加工(韓国, GIST)や、EU 6カ国で進められている太陽光発電のプロジェクト SolarDesign の紹介(オーストリア, TU Vienna)、太陽光発電用ガラス管の内面コーティング技術開発(英国, Cranfield Univ)などの講演があった。

「2. 医用機器のための精密工学」のセッションでは、加熱下での Zr セラミックスの加工(東大)が報告された。Zr セラミックスは医用材料である。これを 500℃ 程度に加熱して切削すると表面品位が向上し、マイクロクラックも発生しにくいとのことである。また、網膜手術用ロボットの開発(ベルギー, Univ Leuven)、人工関節の摩耗の



図3 口頭発表の様子

CT 計測(伊, Univ Padua)などの講演があった。後者は、CT (Computer tomography) による精密形状計測の精度を一般的な CMM 計測と比較して論じるものであった。

またこの日は、展示会出展企業によるコマーシャルセッションがあった。精密機器等のメーカ 25 社程度がそれぞれ 5 分程度のプレゼンテーションをおこなった。欧州を中心とする精密機器メーカとその製品の概要が短時間でよくわかるものであった。

今年は、独ブレーメン大学の Prof. Ekkard Brinksmeier に対して、EUSPEN から Life Achievement Award (功労賞) が贈られた。この日の締めくくりとして、夕方から、受賞記念講演がおこなわれた。EUSPEN 設立にあたっての苦労話や、精密加工および計測の動向や将来展望について話された。ここ 20 年の超精密加工における大きな躍進は、制御軸数が増えることによって自由曲面が加工可能になったことや、自由曲面上に微細構造が加工できるようになったことにあるという。これについて、東京理科大の故・谷口紀男教授が提示して世界的にも広く知られている「到達加工精度と年代」のグラフ¹⁾を活用して、制御軸数の増加にともなう加工品形状の変遷が論じられた。また、これからの精密工学における重要課題は、自由曲面や微細構造面の大面積化、高品位・高精度の切断、積層造形、資源(材料)回収、との見解が示された。

3 日目(6月4日)

国立台湾大学の Prof. Liang-Chia Chen が光計測に関するキーノートスピーチをおこなった。光学部品の表面粗さや形状精度の計測に用いられる光計測機器や計測方法に関するレビューであった。

キーノートスピーチに続いて、この日はオールラウンドセッションとして「3. 精密工学のための積層造形技術」、「4. ナノ・マイクロ計測」、「5. 超精密機械」がおこなわれた。

「3. 精密工学のための積層造形技術」のセッションでは、半導体露光装置における積層造形品の実用例についての講演(蘭, ASML)があった。ASML 社の半導体露光装置には、現在、積層造形品が 30 個も搭載されているとのことである。複雑な製品を積層造形で一体ものとして製造することにより、熱特性、振動特性を向上させることができるという。また、アーク溶接を利用した異種金属の積層造形(東京農工大)が報告された。さらに、積層造形品の形状計測(独, Fraunhofer IPA)や、積層造形樹脂品の化学研磨(Tech Univ Denmark)などの講演があった。前者「積層造形品の形状計測」は CT などを利用した積層造形の品質保証などに関する研究で、後者「積層造形樹脂品の化学研磨」は積層造形品の層間段差の Chemical Vapor polishing による平滑化に関するものであった。積層造形は以前から精密工学における研究テーマの一つであったが、今回、本国際会議において積層造形が独立したセッションで開催されたことは、この分野の研究が近年ますます活発になっていることを物語るものである。

「4. ナノ・マイクロ計測」のセッションでは、Roll-to-Roll 製造における欠陥検出法の検討（英，NPL）や、カンチレバーにFIBでスリット加工することで三次元方向に感度を持たせた原子間力顕微鏡（蘭，VSL）、グレーティングを利用したX線干渉計による非破壊計測（Tech Univ Denmark）、直交格子のエンコーダ（グリッドエンコーダ）を用いた工作機械の誤差評価と補正（独，Heidenhain）、などの講演があった。

「5. 超精密機械」のセッションでは、単結晶ダイヤモンド切削における工具取り付け精度向上の検討（独，Fraunhofer IPT）や、空気静圧軸受け5自由度運動誤差補正（韓国，KIMM）の講演があった。空気ノズルを駆動源としたマイクロミリング用XYCテーブルに関する研究（独，Univ Hannover）も報告された。これは、数mmサイズの小型部品加工用のワークテーブルであり、駆動力は大きくない。しかし、小型でエネルギー消費の少ないものであった。水静圧軸受けを用いたSiウエハ用研削盤（防衛大）の報告もあった。これは、次世代の450mmSiウエハ研削用の研削盤で、水静圧の軸受けにより、クリーン化、高い冷却効率、高剛性を実現していた。



図4 製品展示会場（手前）とポスター発表会場（奥）



図5 懇親会の様子

午後には、これらのオーラルセッションのほかに、ポスターセッションがおこなわれた。この日のポスターセッションは、Session 1～5を対象とするものであった。ポスターセッションは製品展示会場と同じ部屋であり、両方を見学しやすい会場レイアウトであった（図4）。またこの日には、Prof. Brinksmeier へのLife Achievement Awardの贈呈式や、次の開催都市についてのプレゼンテーションがあった。なお、夜は旧市街とアドリア海を望む絶好の場所にあるレストランで懇親会が開催された（図5）。

4日目（6月5日）

実質的な最終日であるこの日は、オーラルセッションとして「6. 超精密加工と組立て」、「7. 精密工学とナノテク分野の進展」、「8. 精密システムにおけるモーションコントロール」がおこなわれた。

「6. 超精密加工と組立て」のセッションでは、イオンビームによる単結晶Si球体の高精度加工（独，IOM）が発表された。この研究は、欧州の国際プロジェクトであるアボガドロ定数の高精度化の研究の一環としておこなわれている。今回はイオンビーム加工機の構造の検討結果や、加工精度に及ぼす加工機上のSi球体のアライメント誤差の影響に関する検討結果が示された。目標とするSi球体の形状精度は5nmPVとのことである。また、パルス変調プラズマジェット加工による石英ガラスの平坦化の研究（大阪大）も報告された。これは、パルス変調により応答性良く加工速度を制御するものであった。これは石英ガラス平面の中間周波数帯の形状誤差の高精度化を目標としている。そのほかに、単結晶ダイヤモンド切削による多波長ホログラム素子の高精度加工（独，Bremen LFM）、マイクロ放電加工における電極の低損耗化に関する研究（スイス，ETH）、化学エッチングを援用したフェムト秒レーザによるガラスの微細構造加工（英，Univ Cambridge）などが報告された。

「7. 精密工学とナノテク分野の進展」のセッションでは、非接触でのウエハの移動および位置決めステージ（蘭，Delft Univ Tech）が報告された。これは、ステージのウエハ搭載面に空気を供給し、その差圧を推力として、ウエハを移動させる。ウエハ搭載面はデフォーマブル構造となっている。また、レーザ援用プラズマ加工に関する研究（英，Cranfield Univ）も報告された。これは、大気圧プラズマ加工において、加工点にレーザを照射することにより加熱を促進し、加工速度を向上させるという発想であった。そのほかに、FIBによる光ファイバの端面へのホログラム加工（英，Univ Cambridge）や、砥粒循環型の磁場援用研磨によるチタン合金の仕上げ加工（シンガポール，Nanyan Tech Univ）、ポリゴンミラー高速スキャナーを用いたピコ秒レーザによるSiウエハのダイシング（独，Fraunhofer ILT）が報告された。

「8. 精密システムにおけるモーションコントロール」のセッションでは、高精度モーションシステムにおける

フィードフォワード制御 (蘭, Philips Innov Service), トポロジー最適化による高性能メカトロシステムの設計 (蘭, Delft Univ Tech), 真空環境下における MEMS ステージの運動制御性 (蘭, DEMCON) についての報告があった。また, ロバストネス解析によるミラーマニピュレーション特性の最適化についての報告 (独, Carl Zeiss) があった。次世代半導体露光装置である EUV 露光機は光学系が反射系であり, ミラーの高精度の位置決め必要になる。このために本研究は, アクチュエータによるミラーの高精度アライメント手法に関するものであった。

午前中には, 上記のオーラルセッションのほか, 第二回目のポスターセッションがおこなわれた。この日のポスターセッションは, Session 6~8 の発表であった。また午後には, ベストポスター賞の贈賞があった。残念ながら, わが国からの受賞はなかった。

最後に, EUSPEN 副会長のデンマーク工科大学 Prof. Hans Norgaard Hansen による閉会の挨拶があった。

5 日目 (6 月 6 日)

研究発表は 6 月 5 日にすべて終了したが, 午前中に, 「熱設計とドリフト問題」に関するワークショップがおこなわれた。European Metrology Research Program (EMRP) による "Thermal design and dimensional drift" プログラムの成果について, ドイツ PTB (物理工学研究所), 英国 NPL (国立物理学研究所) やフランス LNE (国立計量標準研究所) の研究者による講演がおこなわれた。

4. おわりに

本稿では 14th EUSPEN 国際会議について, オーラルセッションで発表された研究内容を中心に紹介した。ポスター発表は全部で 150 件もあってここでは紹介できなかったが, 口頭発表の内容を概観することで各研究分野のトレンドをある程度はつかむことができるであろう。口頭発表の詳細やポスター発表の内容については, すでに発行されている会議録をご参照いただきたい。本稿では, 紙面を節約するために, 筆頭著者の属する国名と研究機関名の略称だけしか記していないが, これらの情報から, 会議録に掲載されている研究論文を特定できるはずである。

今回の EUSPEN 国際会議は, 2015 年 6 月にベルギーのルーヴェン・カトリック大学 (Katholieke Universiteit Leuven, KU Leuven) で開催される予定である。セッションとして, 新たに「Micro- Biology のための精密機構」が追加されるようだ。次回も精密工学に関する最新の研究成果が多数報告されることが期待される。

参考文献

- 1) たとえば, 谷口紀男: ナノテクノロジーの構築とその理念, 精密工学会誌, 56, 3 (1990) pp. 427-431