

## The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM 2009)

東北大学流体科学研究所	<b>山本 敏弘</b>	Toshihiro YAMAMOTO
東北大学流体科学研究所	<b>内一 哲哉</b>	Tetsuya UCHIMOTO
東北大学流体科学研究所	<b>高木 敏行</b>	Toshiyuki TAKAGI

### 1. 会議について

The 14th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ISEM 2009) は、2009年9月20日から24日にかけて、中国の西安で行われた。西安は、中国の中央に位置する陝西省の省都であり、かつては長安と呼ばれ数々の王朝で中心地となった歴史的な都である。西安市内やその近郊には、秦の始皇帝の兵馬俑などの文化的に重要な史跡が散在している。また、西安はシルクロードの東の起点でもあり、三蔵法師として知られる玄奘もインドを目指してこの地から旅立った。市郊外の大慈恩寺境内に聳える大雁塔は、玄奘がインドから持ち帰った経典と仏像を納めるために建立されたと言われており、西安を代表する歴史的建造物の一つである。ISEM 2009の会場となった西安国際会議センターは、この大雁塔から南へ2 kmほど離れたところにある(図1)。

ISEMでは、電磁気学を応用した学際的な分野の研究発表が行われ、その中でも電磁非破壊検査技術に関する発表は主要なものの一つとなっている。今回の会議は、西安交通大学により主催され、中国国家自然科学基金委員会(National Natural Science Foundation of China)、日本保全学会、日本AEM学会、中国非破壊検査学会(Chinese Society of Nondestructive Testing)、

中国電気工学技術学会(China Electrotechnical Society)、西安市科学技术局(Xi'an Bureau of Science and Technology)が共催した。

### 2. 講演内容

会議は、毎朝、基調講演で始まり、その後に、招待講演が続いた。その他に10のオーラルセッションと3日に分けられたポスターセッションが設けられ、最終的なプログラムでは、基調講演3件、招待講演10件、口頭発表51件、ポスター発表276件が行われた(図2)。

#### 2.1 基調講演

瀋陽工業大学のRenyuan Tang教授は、希土類磁石を利用した電動機と発電機のモデリングについて、いくつかの例を交えて発表した(図3)。東北大学の出江紳一教授は、経頭蓋磁気刺激法(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)を脳卒中後の運動障害および認知障害の治療に利用した臨床応用例について紹介した。カリフォルニア大学ロサンゼルス校のMohamed Abdou教授は、核融合研究の展望として、国際熱核融合実験炉(International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER)計画について触れ、その中での技術的課題を説明した。



図1 西安国際会議センター



図2 会場の様子



図3 基調講演

## 2.2 招待講演

招待講演は、1件を除き、各日の午前中にそれぞれ他の講演と並行することなく単独で行われた。井門康司教授の講演については、オーラルセッション OS10の冒頭に行われた。

カーディフ大学の David Jiles 教授は、バルクハウゼン効果を利用した磁性材料の機械的特性の劣化を検出する方法について発表した。北京大学の Daining Fang 教授は、磁歪材料の変形と破壊の特性に関する最近の成果について概説した。大分大学の榎園正人教授は、高効率の電気機器の設計を支援することを目的とし、ヒステリシスモデルに動的 E&S (榎園・祖田) モデルを利用したベクトル磁気特性の解析法について発表した。西安交通大学の Tian-Jian Lu 教授は、傾斜機能圧電材料 (Functionally Gradient Piezoelectric Material, FGPM) による表面弾性波の理論モデルと応用について発表した。ミシガン州立大学の Satish Udpa 教授は、時間反転したマイクロ波の伝搬を計算することによって欠陥の検出・位置特定を行う手法である時間反転マイクロ波画像化法 (Time Reversal Microwave Imaging) について紹介した。神戸大学の小島史男教授は、データ同化を利用した電磁非破壊検査手法による状態監視のための逆問題解析について発表した。成均館大学の Sung-Jin Song 教授は、原子力発電プラントの蒸気発生器伝熱管から得られた渦電流探傷信号の自動解析法の開発について発表した。蘭州大学の You-He Zhou 教授は、超磁歪材料や軟強磁性材料の熱-応力-ひずみ-磁場の非線形関係を含む構成関係式を与え、これが実験の挙動を捉えていることを示した。ナポリ大学の Guglielmo Rubinacci 教授は、プラズモニクスの数値モデルについて発表した。名古屋工業大学の井門康司教授は、磁性流体のメソスケール構造の数値解析について発表した。

表1 オーラルセッション

OS	セッション名
1	Smart Materials and Structures
2	Advanced Magnetic Engineering and Numerical Simulation
3	Electromagnetic NDE (I)
4	Mechatronics, Vibration and Control
5	Electromagnetic NDE (II)
6	Bio-electromagnetic Field and Bio-image
7	Maintenance and Reliability
8	Quantitative Evaluation of Material Damage
9	Electric-/Magnetic-Field Responsive Smart Fluid and Soft Materials
10	Coupling and Inverse Problems

## 2.3 オーラルセッション

表1に示す10のオーラルセッションが開かれ、2つのセッションの発表が並行して個別の会場で行われた。電磁現象を利用した構造物の損傷や材料劣化を診断する技術についての発表が全体の3分の1以上を占めており、実験や数値シミュレーションによる基礎研究から実践的な技術の紹介まで、幅広い発表がなされた。その他、電動機や振動制御システムなどの機械工学との融合分野や、トモグラフィー技術などの医療応用、磁性流体などの機能性材料についての発表が行われた。ここでは特に、電磁非破壊検査技術や状態監視保全技術に関する発表について紹介する。

渦電流探傷法 (Eddy Current Testing, ECT) については、発電設備技術検査協会の Weiyang Cheng 氏より深部欠陥の検出を目標とした線電流モデルによる渦電流場の解析についての発表があった (OS2)。ジリナ大学の Ladislav Janousek 氏は、ECTにおいて互いに直交する3つの検出コイルによりXYZ方向の磁場を検出し、これらの検出信号を合わせて用いることにより、検出信号を基にしたき裂サイジングの精度が向上する可能性を数値計算により示した (OS7)。

電磁超音波センサ (Electromagnetic Acoustic Transducer, EMAT) については4件の発表があり、北京航空航天大学の Zhenggan Zhou 氏は、有限要素法解析ソフト ANSYS を使った数値計算と実験により検査対象の炭素鋼表面のコーティングの導電率が大きいほど EMAT の反射波の振幅が大きくなることを示した (OS2)。また、東北大学の内一哲哉氏は、斜角 EMAT と ECT の複合プローブによる疲労欠陥の評価について発表した (OS5)。日本原子力研究開発機構の田川明

広氏は、ハルバッハ配列で並べた永久磁石と送信と受信のための2つコイルを使ったEMATの実験結果を紹介した(OS8)。神戸大学のThanh-Duong Nguyen氏は、固有直交分解法を基に、EMATの反射波から欠陥の定量評価を行った結果を紹介した(OS10)。

磁束漏洩(Magnetic Flux Leakage, MFL)法による欠陥評価についても2件の発表があった。華中科技大学のYihua Kang氏は、コイルド・チュービングの製造に使われる鋼帯に対するMFL法による検査において、鋼帯を長手方向に強く磁化させることによって、鋼帯の縦横両方向のき裂を検出する手法について発表した(OS5)。また、岩手大学の菊池弘昭氏は、磁気ヨークプローブを用いたMFL法により、配管外部から炭素鋼配管内面の減肉を評価する手法について発表した(OS8)。

Metal Magnetic Memory (MMM)法は、ロシアのAnatoly Dubov氏により考案された強磁性体の非破壊検査手法で、試験対象に外部から磁場をかけずに、試験対象自身が持つ残留磁場を測定することで、試験対象の応力分布を調べる。中国特殊設備検査研究所のGongtian Shen氏は、中央の溶接部にき裂のあるはりに圧力をかけ、このはりから得られるMMM信号を測定することにより、MMM信号と応力やき裂進展速度との関係を調べた(OS3)。Eddysun(中国・厦門)のJunming Lin氏は、ECTとMMM法を統合することにより、きずの存在と応力ひずみの状態を同時に検査する手法を紹介した(OS5)。

他の電磁非破壊検査手法についても多くの発表があり、日本原子力研究開発機構の高屋茂氏は、中性子照射損傷と磁気特性の関係を調べるため、316ステンレス鋼試験体に対する振動試料型磁力計(Vibrating Sample Magnetometer, VSM)による実験を行い、構造材の放射線量を磁気特性から評価できる可能性を示した(OS3)。大分大学の甲斐祐一郎氏は、励磁信号の周波数掃引とスペクトログラムを利用した電磁非破壊検査手法による炭素鋼の硬さと硬化層深さの評価について発表した(OS3)。ニューカッスル大学(英国)のGuiyun Tian氏は、ニューカッスル大学でなされた最近の電磁非破壊検査技術の研究成果として、一般に正弦波交流が用いられる励磁信号にパルス波を用いた手法であるパルスECT、パルスMFL法、また、バルクハウゼンノイズ法や磁気アコースティック・エミッション(AE)法について発表した(OS3)。朝鮮大学校(韓国)のJinyi Lee氏は、磁性体構造物の探傷手法として、アレイ状に並べたホールセンサの後方に磁気レンズと

してNi-Znフェライトを配置した“磁気カメラ”について紹介した(OS5)。

状態監視保全技術の発表として、南京航空航天大学のJian Liu氏は、構造物の損傷位置を特定する方法として、金属コア入り圧電ファイバ(metal core piezoelectric fiber, MPF)により、ひずみゲージに適用されるロゼット解析を応用し、構造物の表面を伝わるラム波の波源の位置特定を行う方法を紹介した(OS1)。香港理工大学のZhongqing Su氏は、埋め込み型圧電センサ網により構造物内の弾性波を信号として捉え、これを信号処理することにより構造物内の損傷を見つける手法について説明し、航空機産業を適用例として、複合材中の欠陥位置および形状の特定を行った結果を紹介した(OS7)。ウェストポメラニア工科大学のThomasz Chady氏は、テラヘルツ波によるガラス繊維強化複合材中の剥離検出を行った試験結果および閾値設定に基づく解析法により剥離の評価を行った結果を報告した(OS7)。ミシガン州立大学のLalita Udpa氏は、原子炉で使用される燃料棒の二酸化ウランペレットの表面きずをX線トモグラフィーで検出することを提案し、数値シミュレーションによりその適用性評価を行った結果を発表した(OS8)。また、東北大学の遊佐訓孝氏は、同氏らが推進している応力腐食割れに対する非破壊検査信号のデータベースを構築するプロジェクトについて説明し、同プロジェクトへの参加を呼びかけた(OS7)。

## 2.4 ポスターセッション

3日に分けられたポスターセッションには専用会場が用意され、連日、展示板には100件近いポスターが貼られ、会場は発表者と多数の来場者で混みあった(図4)。

こちらでもオーラルセッションと同様に、ECTや

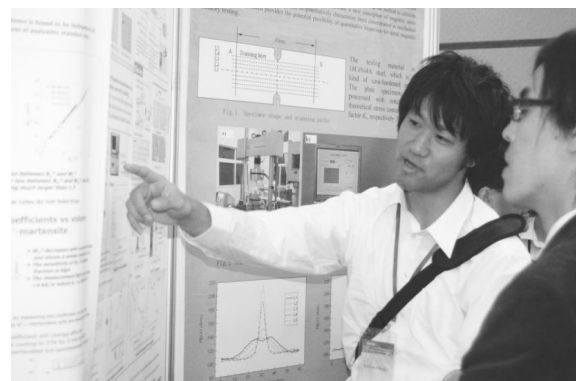


図4 ポスターセッションの様子



図5 参加者の集合写真



図6 秦始皇帝兵馬俑

EMAT、MFL法、MMM法その他、電位差法、圧電センサや磁歪センサを使ったガイド波などの電磁現象を利用した検査技術に関する50件近くの研究が発表された。また、電動機や発電機の改良や磁性流体を利用したダンパーなど機械工学分野への応用についての研究も数多く発表された。その他、核融合プラズマ工学や超伝導、磁気浮上などの発表も行われた。

### 3. 最後に

参加者は、中国、日本、韓国、アメリカ、イギリス、フランス、イタリア、ポーランド、スロバキア、ルーマニア、ブラジル、マケドニア、ドイツ、オーストラリアの14ヶ国におよび、総勢275名であった(図5)。最多の中国からは160名であり、日本からは74名であった。当日配布された予稿集は、JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and MechanicsのVol. 13として発刊された。会期中に発表者から提出された論文は、査読を経た後、2010年にInternational Journal of Applied Electromagnetics and Mechanicsに掲載される予定である。



図7 楊貴妃の像(華清池)

また、会議終了後には、秦始皇帝兵馬俑博物館、華清池、半坡(はんば)遺跡博物館を巡るツアーが行われた(図6、図7)。

今回のISEMは、ナポリ・フェデリコ2世大学のGuglielmo Rubinacci教授とカッシーノ大学のAntonello Tamburrino教授を議長とし、2011年にイタリアのナポリで開催される。

### 謝辞

本稿のオーラルセッションの概要紹介の作成において、東北大学の遊佐訓孝准教授にご協力していただいた。また、会議中の写真撮影は、大学院生の大瀧啓太郎君にご協力していただいた。

(平成21年11月5日)