

## 調査報告

## 構造信頼性解析の研究動向

Research Trend of Structural Reliability Analysis

吉川 暢 宏\*

Nobuhiro YOSHIKAWA

## 1. はじめに

確率論を用いてモデルの不確定性の影響を評価する方法は有効な工学的手法であると考えられてきた。構造信頼性と呼ばれる研究分野では、外荷重あるいは構造のモデルに含まれる不確定性により発生する構造応答の不確定変動を評価することが研究の主目的である。確率論に基づく評価では膨大な過去のデータを用いるため、確定論に基づく議論に比べ、より多くの情報から判断を下すことができると考えられている。地震や台風等の自然災害に苛まれることの多い我が国では、そのような信頼性解析が必要不可欠であるとする研究者も少なくない。しかしながら、解析に要する多大なコストや発生確率が極めて低い事象を扱うことに対する信憑性等、解決すべき問題は多い。

財団法人生産技術研究奨励会より三好助成金を受け、昨年1月12日より2月4日まで訪米し、構造信頼性解析の世界的研究動向を知る機会を得た。1月15日から18日までは、Puerto Rico の Sanjuan で開かれた “International Conference on Stochastic Structural Dynamics” に参加した。この会議には構造信頼性の研究に関わる欧米の主たる研究者が出席しており、本研究分野の最近の研究動向を知る絶好の機会であった。この分野で最大の国際会議と目されているのが International Conference on Structural Safety and Reliability (略して ICOSSAR) である。次回の ICOSSAR は来年京都で行われる予定であり、ICOSSAR の日本版である JCOSSAR が昨年11月東京で開催された。そのような時期でもあり本会議に出席できたことは非常に意義深かった。その後、アメリカ合衆国における構造信頼性解析の研究拠点の一つである、Florida Atlantic 大学の Center for Applied Stochastic Research を訪問した。以下に、それらで得られた知見の概要を示す。

## 2. International Conference on Stochastic Structural Dynamics

本国際会議は第1回が Illinois 州 Urbana-Champaign で1988年11月に、第2回が Florida 州 Boca Raton で1991年5月に開催され、今回で第3回であり歴史は浅いといえる。しかしながら、第1回の会議がアメリカ合衆国における信頼性工学の第一人者である Y.K. Lin 教授の65歳の誕生日を記念して開催されたことから察せられるように、アメリカ合衆国における信頼性工学の権威である H.-S. Ann 教授、M. Shinozuka 教授をはじめ、アメリカ合衆国およびヨーロッパにおけるこの分野の主だった研究者が参加する会議である。残念ながら日本からは少々遠いため、日本からの参加者は数名であった。厳選された研究者が参加しているため国際会議としては参加者が少なく、そのため密度の濃い討論が行われた。執り行われたセッション名を以下に列記する。

- ・ Wind-Excited Structures
- ・ Nonlinear Random Vibration
- ・ Stochastic Response Analysis
- ・ PDE in Stochastic Problems
- ・ Stochastic Microsystems and Composites
- ・ Earthquake Response
- ・ Computational Stochastic Mechanics
- ・ Structural Reliability
- ・ Stochastic Modeling and Methodology
- ・ Stochastic Stability
- ・ Identification and Signal Processing
- ・ Applied Stochastics
- ・ Nonlinear Random Vibration
- ・ Reliability and Control
- ・ Systems with Delay in Random Media
- ・ Systems with Wave in Random Media

会議の名称通りに動力学に関する話題が主である。また、

\* 東京大学生産技術研究所 第1部

この分野の主流は確率論の体系に沿った構造物の安全性に関する議論である。しかしながら、既往の確率論に基づく議論が現実離れしてきているとの警鐘を鳴らす研究者もいた。そのような異分子のリーダー格が Florida Atrantic 大学の I. Elishakoff 教授である。彼はモデルのパラメータの不確定な変動を Convex Hull 内に限る Convex Model の提唱者である。今回の会議では、Convex Model の概念を有限要素法に取り込んだ Interval Finite Element Method なる手法を新たに提案していた。確率論に沿った従来の手法の欠点の一つが、確率変数の上限を無限大とすることである。Convex Model に基づく議論ではそのような非現実的な状況をあらかじめ排除することができる。Interval Finite Element Method は非常に興味深い手法であり、将来非常に有効な工学的手法となるであろうと思われた。

### 3. Florida Atlantic大学訪問

Visiting Associate Professor として Florida Atlantic 大学に 2 週間滞在した。ホストを努めていただいたのが前述の I. Elishakoff 教授である。彼の所属する Center for Applied Stochastic Research は Y.K. Lin 教授が主催しており、彼のような異分子の研究者がこの分野の大御所と共に研究活動を行っているところにアメリカの研究者の懐の深さを感じずにはおれなかった。

I. Elishakoff 教授の提唱する Convex Model は、解析モデルのパラメータの不確定な変動により生じる応答の変動の最大値あるいは最小値を評価する方法である。そこで用いられる数理的手法と同様な手法が構造最適化問題における目的関数の最小(大)化に用いられる。そのような類似性に着目した、不確定なパラメータの変動に対してロバストな最適設計手法に関する議論を行うことも今回の訪問の目的であった。Center for Applied Stochastic Research のメンバーに対し、こちらの考えているロバストな最適設計手法を 2 回(総計 2 時間)に渡り講義をし、彼らとのディスカッションを通じて検討の不十分であった点を確認することができた。滞在期間が短かったためその場で解決策を得るにまでは至らなかったが、帰国後さらに検討を進めるものとして訪問を終えることになった。

### 4. お わ り に

International Conference on Stochastic Structural Dynamics の会期中に阪神大震災の第一報を受けた。会議の参加者の関心も当然高く会話の度に話題となった。帰国後国内では、「これほど大きな地震が起こるとは思ってなかった」との声を耳にした。信頼性工学とは、思ってもみなかったところまで想像してみる、ある意味では妄想を必要とする研究分野である。日本は地震台風等の自然災害



写真 1 International Conference on Stochastic Structural Dynamics にて



写真 2 Florida Atlantic 大学の I. Elishakoff 教授と

の多い国であるにも関わらず、社会一般には危機に対する想像力が少ないと感じられる。アメリカは悪名高き銃社会であり、犯罪多発の国である。そのためばかりではないであろうが、危険に対する想像力が非常に旺盛な国であるという印象を訪問中に受けた。Florida Atrantic 大学の所在地である Boca Raton は全米 1, 2 を争う裕福で犯罪の少ない都市である。にもかかわらず、大学の敷地内至る所に Emergency と書かれたポールがあり、暴漢等に遭った場合にはそのボタンを押すと直ぐにパトロール中の警察官が飛んでくるというシステムであった。日本の社会的土壌は未だ信頼性工学を受け入れるほど危機に対して敏感ではないとの思いを強くした。最後となったが、工学的側面のみならず社会的側面からも実りの多かった今回の訪米の機会を与えていただいた財団法人生産技術研究奨励会に対して改めて深く御礼申し上げる次第である。

(三好研究助成報告書 1995年 3月 1日受理)