

別紙様式第14号（論文内容の要旨及び論文審査の結果の要旨）

氏名（本籍）	小林卓哉（東京都）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	乙第75号
学位授与日付	平成27年12月31日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	非線形構造解析技術の社会的普及に関する研究 (Social Dissemination of Nonlinear Structural Simulation Technologies)
学位論文審査委員	(主査) 教授 藤井文夫 (副査) 教授 佐々木実, 教授 伊藤 聡, 外部審査委員 田中真人 (㈱豊田中央研究所)

論文内容の要旨

本学位論文は、汎用有限要素法ソフトウェアを高度活用した CAE 分野での研究開発と技術コンサルティングに、長年従事してきた学位候補者の経験と業績を取りまとめたものである。

まず汎用有限要素法ソフトウェアを用いた非線形構造解析技術の現状について概観し、技術開発のコンサルティング現場における問題点を浮き彫りにしている。汎用コードの具体的応用の事例として、ゴム材料の超弾性、樹脂材料の粘弾性、薄肉シェル座屈不安定問題、そして原子力分野への応用を取り上げ、それぞれの事例のなかで得られた新しい知見を紹介している。また CAE 技術の社会との関わり合い方についても言及しており、広範な CAE 課題の解決に取り組んできた候補者ならではの解析哲学と設計思想を展開している。製造業分野での汎用コードの高度な活用方法や CAE 技術の未来に向けた観点からも、論文の中でも重みのある提言となっている。

論文審査結果の要旨

本論文の学術的新規性は次の5点に要約できる。

1. ゴム材料の超弾性

金属部品を樹脂材料で置き換えようとする新材料の研究開発の動向は、工業製品の付加価値を高めるためにも重要である。樹脂化の要求は高まる一方で、コスト面の制約が材料モデリング解析の運用の妨げとなってきた。ここではゴム材料の超弾性に注目し、各種ひずみエネルギー関数の特徴を検討し、多軸応力場を含む試験法、および計測結果に基づいて材料定数を同定する実用手法を開発してきた一連の成果報告となっている。

2. 樹脂材料の粘弾性

経時的な特性を示す樹脂の粘弾性は、寿命評価などの要請に応える重要なテーマの一つである。時間-温度換算則を応用した実用的な試験方法、材料モデルの同定、汎用有限要素法への組み込みの手順を開発提案している。本手法をベースにしたソフトウェアは、それまで限定された技術者の間でのみに可能であった解析手法の大衆化をもたらす、国内では粘弾性解析の必須ツールとして評価されている。

3. 薄肉殻構造の不安定性

薄肉殻構造の挙動は初期不整に対して極めて鋭敏であり、微小な不整が引き金となり局所変形が発達し、座屈安定性の喪失の原因となる。従来の弧長法に代わり人工粘性法を採用し、軸圧縮円筒シェルの最終耐荷力を与える後座屈領域までの過程を、分岐座屈点で解析計算を中断することもなくほぼ連続的に追跡することを可能とした。この手法は、欧州における压力容器の実用設計に適用されている。

4. 原子力分野への応用

高速増殖炉もんじゅの設計経験と、国内の原子力開発が有限要素法の発達に貢献してきた現実を

踏まえ、当時やっと実用化され始めた接触問題の解析と非弾性解析と組み合わせた貴重な研究事例となっている。

5. 構造シミュレーションと社会

CAE 技術の発展と思想の醸成に長年関わってきた経験から CAE 業界の将来展望を与えている。国内では、基幹産業に対する社会的な需要に飽和が見られる結果、より短工期・低価格の製造業に技術人口が偏りつつ、コストや需要動向による制約が先行する一方、安全や環境といった課題も注目を集めている。このような産業構造の変化の中で CAE シミュレーション技術の産業社会との関わり合い方について、候補者ならではの見解を展開している。特に解析結果の検証方法と、非専門家に対する訴求力を向上する観点は、次世代 CAE 技術者にも示唆深い内容となっている。

以上より、本論文は博士（工学）の学術論文として価値あるものと認める。

最終試験結果の要旨

査読付き学術論文については計 11 編を発表しており、そのうち学位論文を構成する論文が 3 編となっており、論文博士（乙）の学術論文に関する判定基準である「学術誌に 6 編以上、そのうち 3 編以上が学位論文の内容を構成していること」を満たしている。また長年の学会活動や業務経験から表彰は計 6 件にも及ぶ。平成 27 年 8 月 4 日に予備審査、そして平成 27 年 10 月 22 日に公聴会と審査諮問を行い、学位論文の内容や関連する事項について諮問を行った結果、応答も的確であり、最終試験に合格と認める。

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

[学位論文を構成する学術論文 3 編]

1. Takaya Kobayashi and Motoharu Tateishi, Hot Clamp Design for LMFBR Piping Systems, Journal of Pressure Vessel Technology, ASME, Vol.115, 1993, pp.47-52.
2. Takaya Kobayashi, Yasuko Mihara and Fumio Fujii, Path-tracing Analysis for Post-buckling Process of Elastic Cylindrical Shells under Axial Compression, Thin-Walled Structures, Vol.61, 2012, pp. 180-187.
3. 小林卓哉, 三原康子, 西脇剛史, 藤井文夫, 局所座屈を伴う柔軟・薄肉構造の実用解析, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.70, No.2 (応用力学論文集 Vol.17), 2014, pp. I_419-I_428.

[その他の学術論文 8 編]

1. 藤川正毅, 隆雅久, 青山大輔, 三原康子, 小林卓哉, 定ひずみ速度試験による線形粘弾性特性係数関数決定法, 実験力学: Journal of JSEM, Vol.4, No.4, 2004, pp. 315-320.
2. 藤川正毅, 三上貴央, 隆雅久, 三原康子, 小林卓哉, 線形粘弾性特性係数関数の実用的近似法, 日本機械学会論文集, A 編, Vol.72, No.723, 2006, pp. 1703-1710.
3. 藤川正毅, 小林卓哉, 古市謙次, 児玉勝洋, 伊藤勝也, 野々村千里, プラスチック成形品のネック伝ば解析(3): 有限要素法とデジタル画像相関法を用いた PBT 成形品の材料定数同定法, 成形加工 Vol.19, No.9, 2007, pp. 575-581.
4. 藤川正毅, 三上貴央, 小林卓哉, 隆雅久, 動的粘弾性試験におけるマスター曲線自動作成法, 実験力学: 実験力学: Journal of JSEM, Vol.7, No.4, 2007, pp. 387-392.
5. Masato Tanaka, Hirohisa Noguchi, Masaki Fujikawa, Masami Sato, Shuya Oi, Takaya Kobayashi, Kenji Furuichi, Sonoko Ishimaru and Chisato Nonomura, Development of Large Strain Shell Elements for Woven Fabrics with Application to Clothing Pressure Distribution Problem, CMES, Vol.62, No.3, 2010, pp. 265-290.
6. 田中真人, 野口裕久, 藤川正毅, 佐藤維美, 大井秀哉, 小林卓哉, 古市謙次, 石丸園子, 野々村千里, 多凸性ひずみエネルギー関数を用いた異方性超弾性シェル要素の開発と衣服圧シミュレーションへの応用, 日本機械学会論文集, A 編, Vol.76, No.763, 2010, pp. 274-282.
7. 三原康子, 小林卓哉, 藤井文夫, 軸圧縮を受ける弾性円筒シェルの後座屈解析, 日本機械学

会論文集, A編, Vol.77, No.776, 2011, pp. 582-589.

8. 藤井文夫, 山川優樹, 井上吉弘, 三原康子, 小林卓哉, 非対称特異行列のクリティカルな左固有ベクトルの力学的意味付けとその例説, 日本機械学会論文集, A編, Vol.79, No.808, 2013, pp. 1791-1806.

[表彰]

1. 1999年: Poster Award, The Polymer Processing Society
Kenichi Funaki, Chisato Nonomura, Takaya Kobayashi, Yoichi Watanabe, Sigeo Mita, and Kuniaki Shoji
Development of New Material Protective Device against Ship Collisions, The 15th Annual Meeting of the Polymer Processing Society, 's Hertogenbosch, The Netherlands, 1999.
2. 2002年: 研究奨励賞, 溶接学会
永田孝弘, 小林卓哉, 佐久田博司
剛塑性流れ解析によるはんだの形状解析, エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム, 溶接学会, Mate2002, 2002.
3. 2003年: 技術開発論文賞, 溶接学会
小林卓哉, 斉藤牧里, 櫻井大輔, 塚原法人, 西川和宏, 西田一人
能動素子内蔵フィルムモジュールの開発, エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム, 溶接学会, Mate2003, 2003.
4. 2005年: Co-Authored the Outstanding Technical Paper from the Computer Technology Technical Committee, ASME
Takaya Kobayashi and Tomotaka Ogasawara, Post-Buckling Analyses of Elastic Circular Cylindrical Shells Under Axial Compression, ASME 2005 Pressure Vessels and Piping Conference, Denver, Colorado, USA, 2005.
5. 2011年: Best Conference Paper, ICTWS
Takaya Kobayashi, Yasuko Mihara and Fumio Fujii
Path-Tracing Analysis for Postbuckling Process of Elastic Cylindrical Shells under Axial Compression, International Conference on Thin-Walled Structures - ICTWS2011, pp.945-952, 2011, Timisoara, Romania.
6. 2015年: 日本計算工学会・技術賞
小林卓哉, 「汎用非線形構造解析ソフトウェアの実務的普及に関する事業」