

東京都市大学
平成 2 6 年度 総合研究所 紀要

第 1 1 号

平成 2 7 年 5 月
東京都市大学・総合研究所

巻頭言

本研究所は、シリコンナノ科学研究センター並びにエネルギー環境科学研究センターを拠点として、平成 16 年 4 月に武蔵工業大学総合研究所として等々力キャンパスに設置され、以来、本学の特色ある先端的な研究を推進するとともに、大学院生、学部生に対し、先端的な教育環境を提供して参りました。平成 21 年の大学名称変更に伴い、東京都市大学総合研究所となり、現在にいたっております。本研究所では、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業をはじめとする大型プロジェクト研究、文部科学省科学研究費補助金や本学固有の制度である重点推進研究などの学内外の提案公募型研究、そして企業、他大学との共同研究が推進されています。得られた成果は、定期的開催される総合研究所セミナーほかで広く学内外に情報公開されており、学内外との情報交換、研究者間の交流を促進しています。以下、平成 26 年度の活動状況について簡単に報告します。

先ず、シリコンナノ科学研究センターでは、総務省戦略的情報通信研究開発制度 (SCOPE) プロジェクト『究極的シリコン系発光デバイスの研究開発』の最終年度となり、Ge 材料を用いた近赤外領域での室温レーザ発振にむけた研究開発を進めました。この結果、化合物半導体と同等の 5300cm^{-1} もの光学利得を示す歪み Ge 基板の開発に成功するとともに、レーザ発振にあと一歩となる光学的ブリーチングの現象を観測する事が出来ました。

次に都市基盤施設の再生工学研究センターでは、橋梁点検・診断技術の高度化に向け、データベースWG、非破壊WG、コンクリートWG、モニタリングWGを立ち上げ研究開発を進めました。各WGの開発技術を統合し、橋梁の損傷に対する橋靱性ランキングと損傷リスクを考慮した点検の効率化、限界状態検知システムの構築を目指す研究を推進しました。

以上の大型プロジェクト研究に加え、重点推進研究を推進されている「広域型地震防災研究室」、「地盤環境評価研究室」、「水素エンジン研究室」、そしてインキュベーション・ラボとなる「応用表現研究室」において特色ある研究が推進されています。詳細は夫々の報告をご参照願います。

平成 27 年 5 月 25 日
東京都市大学総合研究所
所長 丸泉琢也

総合研究所構成員

(2015年3月1日現在)

所 長 教授 丸泉 琢也

シリコンナノ科学研究センター

センター長	教授	丸泉 琢也	[工学部]併任	(半導体工学)
	名誉教授	白木 靖寛		(半導体工学)
	教授	小野 茂	[工学部]兼務	(プラズマ科学)
	教授	桐生 昭吾	[工学部]兼務	(量子計測)
	教授	岩松 雅夫	[共通教育部]兼務	(統計物理・計算物理)
	教授	岡野 好伸	[知識工学部]兼務	(マイクロ波応用)
	教授	吉田 真史	[知識工学部]兼務	(計算科学)
	教授	野平 博司	[工学部]兼務	(電子物性)
	准教授	澤野憲太郎	[工学部]兼務	(半導体工学)
	講師	堀越 篤史	[知識工学部]兼務	(計算科学)
	講師	徐 学俊		(半導体工学)
	客員教授	中川 清和	[山梨大・教授]	(半導体工学)
	客員教授	松井 敏明	[情報通信研究機構]	(半導体工学)
		夏 金松	[武漢光電国家実験室]	(半導体工学)

都市基盤施設の再生工学研究センター

センター長	教授	三木 千壽		(鋼構造・橋梁工学)
	教授	吉川 弘道	[工学部]兼務	(地震リスク)
	教授	吉田 郁政	[工学部]兼務	(信頼性解析)
	教授	丸山 收	[工学部]兼務	(信頼性・計測)
	教授	小西 拓洋		(鋼構造, 橋梁工学)
	教授	手塚 正道	オリエンタル白石	(コンクリート工学)
	准教授	白旗 弘実	[工学部]兼務	(鋼構造・計測)
	准教授	高森 博之	横河ブリッジ	(鋼構造, 橋梁工学)
	講師	横山 薫	三菱重工業	(鋼構造, 橋梁工学)
	助教	関屋 英彦		(鋼構造, 橋梁工学)
共同研究者	田井 正行	[木更津工業高等専門学校・助教]		(鋼構造)
共同研究者	古東 佑介	[(株)エイテック 技師]		(橋梁工学)

重点推進研究室

広域型地震防災研究室

准教授	古屋 治	[工学部]兼務	(機械耐震, 振動応答制御)
教授	吉川 弘道	[工学部]兼務	(地震リスク, コンクリート工学)
教授	濱本 卓司	[工学部]兼務	(建築構造, 構造ヘルスモニタリング)
教授	藤本 滋	[工学部]兼務	(原子力・機械耐震, 振動発電)

地盤環境評価研究室

教授	末政 直晃	[工学部]兼務	(都市工学, 地盤工学)
共同研究者	佐々木隆光	[強化土エンジニアリング・主任技術者]	(地盤工学)
共同研究者	永尾 浩一	[佐藤工業・技術研究所研究員]	(地盤工学)

水素エンジン研究室

教授	三原 雄司	[工学部]兼務	(内燃機関工学)
准教授	白木 尚人	[工学部]兼務	(機械材料)
准教授	藤間 卓也	[工学部]兼務	(機械材料)
技士補	中川 研司	[工学部]兼務	(内燃機関工学)

先進エネルギーシステム研究室

教授	柏木 孝夫	(先進エネルギーシステム論)
----	-------	----------------

インキュベーション・ラボ

応用表現研究室

教授	山崎 芳男	
教授	廣瀬 禎彦	
共同研究者	橋本 澄彦	[ナレッジワーク 取締役社長]
共同研究者	田端 一彦	[(有)ティービーティー 取締役社長]
共同研究者	大内 康裕	[早稲田大学総合研究機構 波動コミュニケーション客員主任研究員]
共同研究者	八十島乙暢	[早稲田大学理工学術院 基幹理工学部 助手]
共同研究者	菰口 賢一	[T&Kエンタテイメント(株) 代表取締役社長]

事務室

事務員	鈴木栄里子	社会連携センター
-----	-------	----------

目 次

1. 平成26年度 活動報告	1
2. 平成26年度 研究概要	
シリコンナノ科学研究センター	5
X線光電子分光法によるIV族半導体ヘテロ構造量子・ナノデバイスの研究	
野平 博司	
超高速電子デバイスに向けた歪みGe-on-Insulator開発	
澤野憲太郎	
Tensile-Strained, N-Doped Ge Light Emitting Materials and Devices	
徐 学俊	
都市基盤施設の再生工学研究センター	11
点検・診断技術の高度化	
小西 拓洋	
重点推進研究室	
広域型地震防災研究室	19
サイズミックインタラクションの系統的検討と横断型防災技術教育の確立	
古屋 治、吉川 弘道、濱本 卓司	
藤本 滋、村松 健、牟田 仁	
地盤環境評価研究室	23
注入系液状化対策工法の開発	
末政 直晃	
水素エンジン研究室	27
低エミッション高熱効率直噴水素エンジンの研究開発	
三原 雄司・中川 研司	
インキュベーション・ラボ	
応用表現研究室	31
平成26年度応用表現研究室の活動概要	
山崎 芳男・廣瀬 禎彦	

3. 研究論文

シリコンナノ科学研究センター・・・・・・・・・・・・・・・・	37
重点推進研究 水素エンジン研究室・・・・・・・・・・・・	103

総合研究所 平成26年度活動報告

月	日	活 動 内 容
4	16	総合研究所利用者説明会(前期)(学生及び貸研究室等登録者対象)
	16	第82回総研セミナー(シリコンナノ科学研究センター)
	17	第104回所内会議
5	5	第46回運営委員会
	15	第105回所内会議
	28	第83回総研セミナー(タマサート大学)
	31	総合研究所紀要ー第10号ー発行
6	19	第106回所内会議
	20	第47回運営委員会
7	2	第84回総研セミナー(都市基盤施設の再生工学研究センター) 首都高における点検・診断技術の開発・高度化キックオフセミナー
	17	第107回所内会議
	22	第48回運営委員会
8	1	第85回総研セミナー(成果報告会)
	31	貸研究室(デジタルアーカイヴ研究室賃貸借契約終了)
9	25	第108回所内会議
	30	第86回総研セミナー(水素エンジン研究室)
10	15	総合研究所利用者説明会(後期)(学生及び貸研究室等登録者対象)
	15	防災訓練
	23	第109回所内会議
	24	第87回総研セミナー (東京都市大学と東京大学生産技術研究所の学術連携)
	29	第88回総研セミナー(広域型地震防災研究室)
11	13	第49回運営委員会
	20	第110回所内会議
	20	第89回総研セミナー(先進エネルギーシステム研究室)
12	17	第90回総研セミナー(地盤環境評価研究室)
	18	第111回所内会議
1	28	第91回総研セミナー(都市基盤施設の再生工学研究センター)
2	19	第92回総研セミナー(シリコンナノ科学研究センター)
	20	第50回運営委員会
	26	第112回所内会議
3	17	第93回総研セミナー(応用表現研究室)
	20	第51回運営委員会
	26	第113回所内会議

平成 2 6 年度 研究概要

シリコンナノ 科学研究センター

1. はじめに：量子・ナノデバイスの開発を支援、加速する事を目的として X 線光電子分光測定をはじめとする材料評価技術を活用し、ゲート電極／高誘電率絶縁膜／半導体の界面構造や電子状態、不純物分布などの評価を行っている。本報告書では、2014 年度に行った研究成果の一部を述べる。

2. 研究設備：総合研究所には、高誘電率材料の成膜、加工のための平行平板型スパッタリング装置（ANELBA ㈱、L-250S-FH（特型））、エッチング装置（ANELBA ㈱、L-201D-SLA（特型））がある。また、世田谷キャンパス・半導体特別研究棟には、プラズマ酸化・窒化装置、光加熱酸化装置、超高分解・高感度 X 線光電子分光装置 ESCA-300、分光エリプソ装置、原子間力顕微鏡を所有している。

3. 研究成果の紹介：2014 年度に行なった研究は、化学洗浄した Ge の表面状態、SiC の初期酸化過程、SiO₂/SiC 界面構造に及ぼす窒素プラズマ処理の効果などがあるが、ここでは、Ge 組成および歪が SiGe の価電子帯構造に及ぼす影響に関する研究成果を述べる。試料は、総合研究所において以下の手順で作製した。まず SiO₂ 膜をプラズマ化学蒸着(PECVD)によって Si(100)基板上に堆積させ、その後、フォトリソグラフィにより SiO₂ 膜を数 μm 幅のストライプ状に加工し、これをマスクとして Ar⁺イオン注入を行った。注入条件は、エネルギー 25keV、ドーズ量 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で、SiO₂ マスク窓を通して Si 基板中にイオンを注入した。その後 N₂ 雰囲気中で 700℃、10 分間のアニール後に、SiO₂ マスクを HF エッチングで除去した。SiGe 層(Ge 含有量 20%~80%、膜厚 70nm)は、Si₂H₆ と GeH₄ を原料ガスとして用いたガスソース分子線エピタキシー(GS-MBE)を用いて、500℃で選択的イオン注入された Si 基板上に成長させた。この段階の SiGe 層は、イオン注入及び未注入領域の両方で圧縮歪みを持っている。成長後に N₂ 雰囲気中で 900℃、60 分間のアニールを行い、歪み緩和を促進させた。これにより、イオン注入領域と未注入領域上に成長させた SiGe は、それぞれ二軸歪みと一軸歪みをもつようになる。このようにして作製した試料を、SPRING-8 の BL47XU ($h\nu = 7940\text{eV}$ 、縦方向の集光径約 $1\mu\text{m}$) と本学の光電子分光装置 ESCA-300 で、Si 1s、Si 2p、Ge 2p 光電子と価電子帯スペクトルなどを測定した。Fig. 1 に解析から得られた価電子帯上端の結合エネルギーを Ge 基板の場合の Ge 2p の結合エネルギーを基準として示す。図より、線幅 20 μm /2 μm の場合は、一軸性歪み領域の価電子帯上端の結合エネルギー値は、二軸性歪み領域のものより 0.1eV 小さくなっていることがわかる。一方、線幅 3 μm /3 μm の場合、一軸性歪み領域と二軸性歪み領域の価電子帯上端の結合エネルギーの変化量が小さい。これは、線幅の違いにより一軸領域の歪み異方性が小さいことに起因していると考えられる。また、価電子帯上端の結合エネルギーの Ge 組成依存性を Fig. 2 に示す。ここで $\Delta E_{\text{VB}}[\text{eV}]$ は、Ge 基板の場合の Ge 2p - 価電子帯上端間のエネルギー差との違いである。Fig. 2 より、SiGe 層の Ge 組成の変化により、価電子帯上端の位置が変化していることがわかる。以上のことより、組成および歪みが SiGe の価電子帯の上端の結合エネルギーに及ぼす影響を明らかにした。

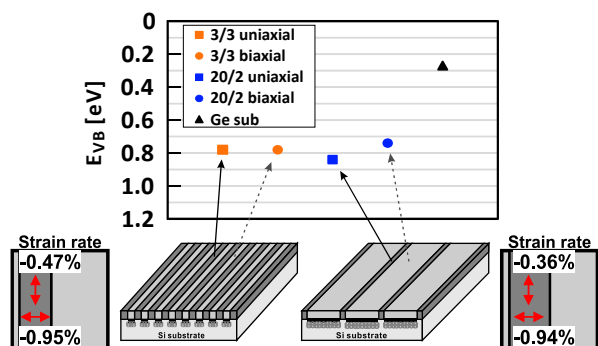


Fig. 1 Changes of valence band top by strain.

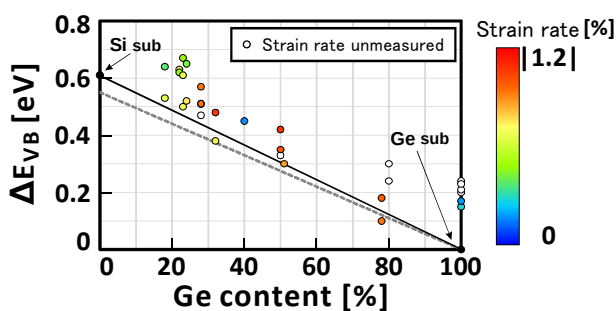


Fig. 2 Ge content dependence of valence band top.

4. 今後の研究計画：2015 年度は、前年に引き続き、組成や歪が及ぼす SiGe の価電子帯構造への影響の定量的な評価とパワーデバイス用として注目されている絶縁膜／SiC 構造を中心に、La₂O₃/Ge、Al₂O₃/Ge の評価などを行い、量子・ナノデバイス実現のために不可欠な高品質な絶縁膜／半導体(Si、Ge、歪 Si、歪 Ge、および SiC)界面の実現をめざす。

5. 成果発表

- 1) K. Kasahara et al., Appl. Phys. Lett. **104** (2014) 172109-1 - 172109-4.
- 2) T. Sasago et al., ECS Transactions, **64** (7) (2014) 245-252.
- 3) S. Yamahori et al., ECS Transactions, **64** (6) (2014) 431-439.

超高速電子デバイスに向けた歪み Ge-on-Insulator 開発

総合研究所 シリコンナノ科学研究センター 澤野憲太郎

【研究背景、目的】

近年、情報量の増大とともに、その処理を行う半導体集積回路 (LSI) の低消費電力化が喫緊の課題とされているが、微細化限界に直面したシリコン(Si) CMOS 技術に代わる、新たな技術革新が必須となっている。最近、高移動度チャネル CMOS や Si ベースの光デバイスとしてゲルマニウム(Ge)が注目され、特に GOI (Ge-on-Insulator) 基板の実現と、歪み制御技術の確立が重要視されている。今回、エピタキシャル成長と貼り合わせ手法により形成した GOI 構造の電気伝導特性について詳細に調べ、また Ge への一軸性歪みの導入手法の開発を進めた。

【研究成果】

図 1 に GOI のホール移動度、ホール濃度の温度特性を示す。比較用に、GOI 作製プロセス前、すなわち結晶成長後の Si 上 Ge(Ge-on-Si)構造の結果も同時に示している。全温度領域において、GOI の移動度が Ge-on-Si よりも高いことが分かる。これは、Ge-on-Si には欠陥を多量に含む低移動度の層が存在することから、全体としての移動度を低下させているが、GOI では、この欠陥層が完全に除去されるため、移動度向上をもたらしたと考えられる。特に、室温で $2090 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ という非常に高い正孔移動度が得られた。この Hall 移動度を不純物密度に対しプロットし、他機関の結果、および高純度バルク Ge の曲線と比較したのが図 2 である。今回作製した GOI の移動度は、高純度バルク Ge の Hall 移動度とほぼ一致し、この GOI 構造が非常に高品質であることを示しており、高速 GeCMOS デバイスへの応用が大いに期待される。

またこれまで開発している選択イオン注入法により、Ge 膜への一軸歪み導入を進め、図 3 に示すように、基板面内での歪み制御を達成した。これまで、SiGe 層の歪み制御までしか実現されておらず、今回初の観測となり、Ge チャネルへの異方性歪み導入による高移動度化へ向けた大きな前進である。

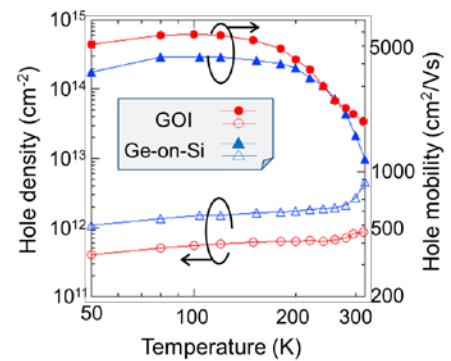


図 1 GOI 構造と Ge-on-Si 構造のホール移動度および正孔濃度の温度依存性

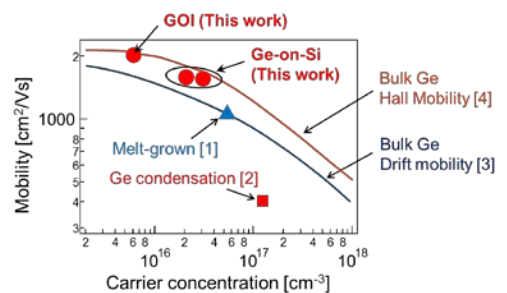


図 2 移動度と不純物濃度の関係

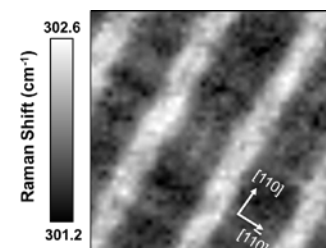


図 3 歪み Ge 層の面内歪み分布

【論文】 ① K. Sawano et al., “Uniaxially strained SiGe(111) and SiGe(100) grown on selectively ion-implanted substrates” *Journal of Crystal Growth* 401, 758 (2014). ② R. Moriya and K. Sawano et al., “Cubic Rashba Spin-Orbit Interaction of a Two-Dimensional Hole Gas in a Strained-Ge/SiGe Quantum Well”, *Physical Review Letters* 113, 086601 (2014).

【国際会議発表】 ① K. Sawano, “Anisotropic Strain Engineering in Si/Ge Heterostructures” (Invited), 3CG 2014, Thailand (November, 2014) ② E. Yonekura and K. Sawano et al., “Formation of Uniaxially Strained SiGe with High Ge Concentrations by Selective Ion Implantation” 2014 ISTDM, Singapore, (June, 2014) ③ T. Nagashima and K. Sawano et al., “Electrical properties of strained Ge(111)-on-Insulator (GOI) fabricated by Ge epitaxy on Si and layer transfer” 2014 ISTDM, Singapore, (June, 2014) ④ K. Sawano et al., “Enhancement of Photoluminescence from Si/Ge Quantum Dots by Phosphorus δ -doping” 18th MBE, Flagstaff, USA (September, 2014)

Tensile-Strained, N-Doped Ge Light Emitting Materials and Devices

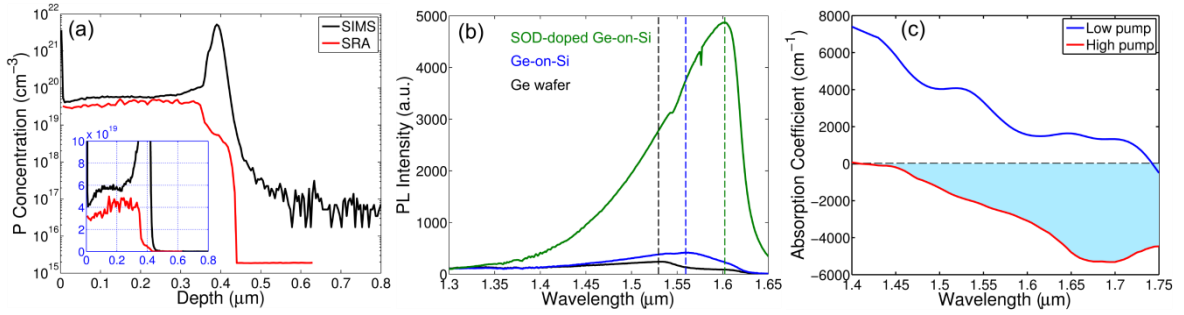
総合研究所シリコンナノ科学研究センター 徐学俊

1. Introduction

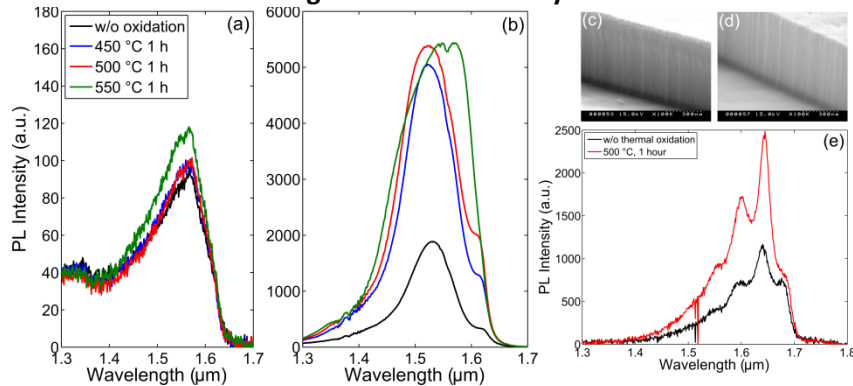
Ge has been considered as a promising material candidate for on-chip light sources monolithically integrated on Si substrates. It can be engineered into a direct band gap semiconductor by applying tensile strain and heavy n-type doping, and thus attractive for laser devices. Here we fabricated tensile-strained, highly n-doped Ge on Si by MBE growth and spin-on dopant diffusion and demonstrated ultralarge transient optical gain. We also investigated the effect on thermal oxidation on the light emission properties of Ge microdisk on Si.

2. Femtosecond transient optical gain from tensile-strained, n-doped Ge on Si

Ge film with tensile strain of 0.22% was grown on Si by MBE. Phosphorus spin-on dopant (SOD) was then used as a dopant source to incorporate high n-doping concentration. Based on optimized annealing condition, we achieved active doping concentration as high as $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ and the PL intensity of n-doped Ge was enhanced by 10 times compared with that of undoped Ge. Femtosecond pump-probe measurement was performed to investigate the direct optical gain. The transmittance of Ge film was clearly increased upon increasing the pump power. Peak optical gain over 5300 cm^{-1} around $1.7 \mu\text{m}$ and gain spectrum broader than 300 nm were obtained.



3. Surface passivation and smoothing of Ge microdisks by thermal oxidation



Dry etching induced surface recombination and sidewall roughness are important limiting factors to achieve high injected carrier density and low optical loss in optical microresonators for laser devices. We found that thermal oxidation was an efficient method to solve these problems. PL intensity from Ge microdisks was enhanced by a factor approaching 4 after thermal oxidation, which was due to the surface passivation. Thermal oxidation is also found to be able to reduce the sidewall roughness, evidenced from SEM images and increased Q-factor of resonant peaks in PL spectra from Ge microdisks.

Publications:

- [1] 丸泉琢也、徐学俊、“微小共振器中 Ge 量子ドットによる高効率発光素子”, 光学、43 ; 388, 2014
- [2] Xuejun Xu, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Narrow linewidth, highly efficient, and integrated light emitting diodes based on Ge quantum dots in optical microcavities”, ECS Transactions, 61(5): 63-73, 2014
- [3] Keisuke Nishida, Xuejun Xu, Kentarou Sawano, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Highly n-doped, tensile-strained Ge grown on Si by molecular beam epitaxy”, Thin Solid Films, 557: 66-69, 2014
- [4] Xuejun Xu, Taichi Chiba, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Microdisk enhanced photodetector based on Ge self-assembled quantum dots on silicon-on-insulator”, Thin Solid Films, 557: 363-367, 2014
- [5] Xuejun Xu, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “[Silicon Technology Division Award Speech] Si-based Light Emitting Devices with Ge Quantum Dots Embedded in Optical Microcavities”, The 62nd JSAP Spring Meeting, Shonan Campus, Tokai University, Japan, March 11-14, 2015
- [6] 高林昂紀、徐学俊、澤野憲太郎、丸泉琢也、“熱酸化を用いた表面不活性化による引っ張り歪み Ge on Si の発光強度増大”, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学湘南キャンパス, 2015 年 3 月 11-14 日
- [7] 橋本秀明、徐学俊、澤野憲太郎、丸泉琢也、“引っ張り歪み GOI の CMP 薄膜化による発光強度増大”, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学湘南キャンパス, 2015 年 3 月 11-14 日
- [8] 滝澤寛之、徐学俊、白木靖寛、澤野憲太郎、丸泉琢也, “歪 Ge マイクロブリッジの作製と評価”, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス, 2014 年 9 月 17-20 日
- [9] 西田圭佑、徐学俊、高林昂紀、吉田圭佑、澤野憲太郎、白木靖寛、丸泉琢也, “講演奨励賞受賞記念講演」 n 型ドーパ引っ張り歪み GOI の作製と発光特性の評価”, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス, 2014 年 9 月 17-20 日
- [10] Xuejun Xu, Kentarou Sawano, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Resonant light emission from n-doped germanium-on-insulator microdisks at room-temperature”, 11th IEEE International Conference on Group IV Photonics (GFP), Paris, France, August 27-29, 2014
- [11] Xuejun Xu, Keisuke Nishida, Kentarou Sawano, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Tensile-strained, heavily n-doped germanium-on-insulator for light emitting devices on silicon”, 2014 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO: 2014), San Jose, US, June 8-13, 2014
- [12] Xuejun Xu, Keisuke Nishida, Kentarou Sawano, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Resonant photoluminescence from Ge microdisks on Ge-on-insulator”, International SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM 2014), Singapore, June 2-4, 2014
- [13] Xuejun Xu, Takuya Maruizumi, and Yasuhiro Shiraki, “Narrow linewidth, highly efficient, and integrated light emitting diodes based on Ge quantum dots in optical microcavities” (Invited), 225th ECS Meeting, Orlando, US, May 11-15, 2014

都市基盤施設の再生工学研究センター

点検・診断技術の高度化

総合研究所 都市基盤施設の再生工学研究センター

【研究背景、目的】

ミネソタでの落橋(2007)、笹子トンネル事故(2012)、それに伴う緊急点検での重大な見落としが発覚し、点検・診断の信頼性向上に対する社会的関心が高まっている。橋の維持管理制度については、疲労設計の義務化(2001年)、橋梁点検の法制化(2014)によりインフラの維持管理のサイクルがスタートし、2014年7月には都市大再生工学研究センター内にて首都高グループとの橋梁診断技術の高度化をめざした共同研究が開始された。現在、日本の橋梁インフラの基幹部分は建設後40～50年をむかえ、補修、架替えの必要性が高まっているが、予算、技術者不足から、すべての橋梁を十分に点検・評価することが難しくなっている。本共同研究では、橋の限界状態に関与する損傷を、早期に洩れなく発見し進展を阻止することを目指し、データベースWG、非破壊WG、コンクリートWG、モニタリングWGを立ち上げ研究開発を進めている。各WGの技術開発の概要を総括する。これら各WGの開発技術を統合し、橋梁の損傷に対する橋靱性ランキングと損傷リスクを考慮した点検の効率化、限界状態検知システムの構築を目指す。

【データベースWG】

DBWGは、橋梁損傷DBの構築とその分析を行う。橋の供用性限界状態とは、架替え、使用停止につながる損傷、第3者被害にかかわる損傷などの交通止めにつながる状態であり、このような事例の収集、発生メカニズムの分析を行う。また、終局状態の点検手法の確立と点検技術者の育成システムの整備のために、橋の3次元モデルを用いた点検シミュレータの作成、限界状態点検の指導・講習の実施もテーマに含んでいる。

【非破壊WG】

点検における重大損傷の検知と見逃し防止のための技術開発を重点課題とし、写真、ビデオ画像を用いた画像点検技術、赤外線、渦流探傷などの非破壊検査技術を利用した点検技術の高度化を進めている。画像点検については、目視で見逃しやすい重大損傷の検知を補助するため、点検マップ作成、画像と位置情報、距離情報をリンクさせる技術、3次元情報の取得技術の確立と点検への応用をテーマとした研究を行う。また渦流探傷の精度を向上させ、塗膜上からの亀裂、腐食の検知技術の確立を行う。

【コンクリートWG】

コンクリート構造の損傷検知技術として、PC未充填箇所の検知のためシース内部の空洞の探知技術を開発するため、波動解析、模擬試験体による実証実験を実施する。また、壁高覧、床版などからのコンクリートの剥落箇所の検知精度を向上するために打音検査、サーモグラフィを用いた検査技術の高度化に取り組んでいる。

【モニタリングWG】

近年性能向上が進むMEMS加速度計による変位計測技術を利用し、橋梁の変位挙動を簡便かつ高精度で評価できるシステムを構築する。この技術を応用して橋の疲労損傷度評価、通過車両荷重検知(WIM)、変形・振動モードの同定、橋梁の終局状態モニタリング手法を確立する。

2. 損傷事例に基づく鋼橋の疲労損傷点検シミュレータの開発

【はじめに】

道路法施行規則の一部を改正する省令が平成26年3月31日に告示され、同年7月1日より施行された。これにより、橋長2.0m以上の橋、高架の点検は近接目視による5年に1回の定期点検が基本となった。また、定期点検を行う者は、点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有することが明記された。そのため、点検技術者の効率的な養成が喫緊の社会的要求事項と考えられる。一方で鋼橋の疲労損傷は、その発見が難しく、点検にあたっては高度な専門知識や経験が必要とされる。そこで、本研究では、点検技術者の効率的な育成に寄与する損傷事例に基づいた疲労損傷点検シミュレータの開発を行った。

【開発と動作の環境】

シミュレータの開発には3Dゲーム開発ソフトのUnityを用いた。著者らは疲労損傷の情報を技術者の誰もが容易に入手可能とするため、公表された疲労損傷と補修事例のユーザー参加型データベースをインターネット上に公開し、事例の追加などのメンテナンスを行っている。そこで、開発したシミュレータもインターネット閲覧ソフトで動作可能なWeb Playerで公開することとした。なお、動作には初回のみUnity Web PlayerをPCにインストールする必要がある。



図1：シミュレータのスタート画面

【シミュレータの内容】

図1にシミュレータのスタート画面を示す。シミュレータの設定は全面足場が設置されたRC床版鋼単純3主桁桁橋の疲労損傷点検である。対象橋梁には対傾構、横構があり、支間中央には荷重分配横桁が配置されている。また桁橋で発生頻度の多い5つの疲労き裂をモデル化している。ユーザーはキーボードの十字キーで点検員の移動を行い、マウスの移動で視点移動を、右クリックでズームアップを行う。



図2：き裂発見シーン

き裂近傍に視点を合わせ、ズームアップを行うと(図2)、き裂発見の判定が実行され、画面には発見したき裂の発生原因と、同じ部位で発生頻度が多いき裂を説明するスライドが表示される(図3)。スライド中のき裂の写真はデータベースの事例を用い、写真のキャプションにはその引用元のページ名が示されている。利用者はそのスライドを閲覧することにより疲労損傷に対する理解を深めることができる。

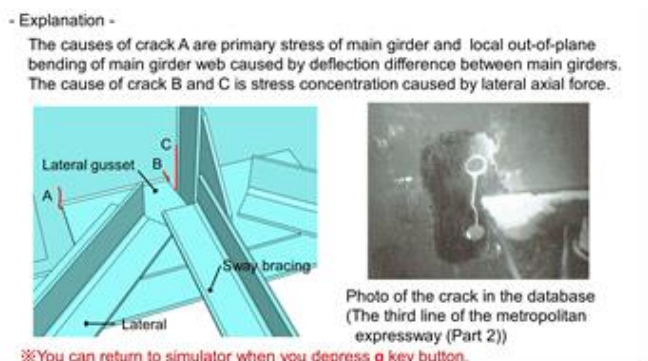


図3：き裂解説スライド

3. 渦流探傷法のき裂検出への適用とその高度化に向けた研究

【はじめに】

一般に、鋼橋の点検は、最初、近接目視により変状の有無を確認する。右写真のような疲労き裂に関しては、溶接部など疲労き裂が生じやすい部位を対象に、塗膜割れや錆汁といった変状をチェックする。次のステップとして、変状の見つかった部位に対し、磁粉探傷試験を実施する。磁粉探傷試験は、き裂がある場合に明確な指示模様が確認できるため、損傷をほぼ確実に検知できるが、事前の塗膜除去とのちの復旧が必要となり、その手間と時間がかかるのが欠点である。

ある調査によれば、近接目視による変状検知箇所数に対し、実際にき裂があった箇所数が2割以下との報告がある。目視のみによる損傷検知率はかなり低く、実際にき裂のない多くの部位に対しても磁粉探傷試験を行っているのが現状である。

塗膜の変状から疲労き裂の有無を判定するのは、熟練した点検技術者であってもかなり難しく、目視に加えて損傷箇所の絞込みのための手法が求められている。そこで注目されているのが渦流探傷法である。

【渦流探傷法とは】

渦流探傷法はコイルに交流電流を流した場合起こる電磁誘導を利用した検査方法である。渦流探傷法の利点として、非接触での走査が可能で事前の塗膜除去の必要がなく、右写真のような汎用機であればコンパクトで操作性がよいことや、結果がその場で画面表示されることがなどが挙げられる。近接目視で塗膜割れなどの変状が確認された部位に対し渦流探傷試験を行い、磁粉探傷試験の実施箇所の絞込みを行うことができれば、点検作業の効率化、省力化が期待できる。

一方、鋼橋点検へ渦流探傷試験を適用するにあたり、問題となるのがリフトオフによるノイズやすみ肉溶接など形状に起因するノイズである。また鋼橋で損傷を生じやすい箇所は、部材が集中する狭隘などところが多く、そのような場所での作業性をどのように確保するかも課題である。

【当研究センターでの取組み】

本研究の目的は、渦流探傷試験の鋼橋適用の際の弱点となっているノイズの低減や現場での作業性を改善することにより疲労き裂の検出確度を向上させ、結果として磁粉探傷試験の実施箇所を少しでも減らし、現場作業における効率化、省力化を図ることである。さらには、入・出力信号と損傷程度の定量評価も目指す。

当研究センターでの取り組みとしては、渦流探傷法のさらなる高度化のため、次のようなテーマで研究を進めている。

- ・ 鋼橋構造に適したノイズ発生が少ないプローブ（コイル）の検討
- ・ 有限要素解析による、鋼橋ディテールにおける渦電流特性の検証
- ・ 現場作業性を考慮したプローブの検討
- ・ 実現場における損傷検知率向上効果の検証



4. MEMS 加速度センサを用いた構造物のヘルスマニタリングシステム開発

【研究背景、目的】

我が国の社会活動、経済活動を支えている重要な社会基盤施設の一つである橋梁は高度経済成長期に多く建設され、既に供用から40～50年を経過しており、損傷が目立つようになってきています。この損傷防止を考える上で、部材ごとの変形挙動から損傷原因となる局所的な応力を引き起こす部材の動きを特定し、それに応じた対策をとることが効果的です。このような背景のもと、MEMS加速度センサを用いることによって、外力に対する応答を計測し、橋梁の健全度を評価するシステムの開発を行った。本報告書では、2014年度に行った研究成果の一部を述べる。

【研究成果】

理論的には加速度記録を二階数値積分することによって、変位応答が算出される。しかしながら、加速度センサで測定したデータには自己ノイズ等のセンサ性能やA/D変換性能に起因する誤差を含んだデータとなっており、その測定誤差が二階積分結果に大きく影響を及ぼすことが明らかになっている。このような測定誤差とは別に、数値積分を行う際の境界条件が異なっている場合も積分結果に影響を及ぼすと考えられる。本研究では、まず試験橋梁における対象振動数域およびその振動数域における加速度センサのノイズレベルの把握を行った。そして、橋梁の自由振動に着目することによって、数値積分の境界条件を算出する自由振動仮定法を提案し、加速度センサの測定誤差が数値積分結果に及ぼす影響を『初期速度推定法』と『自由振動仮定法』について検討を行った。実橋梁において実証実験を行うことによって、本提案手法の有効性を示した。

【今後の研究計画】

加速度記録から変位応答をリアルタイムに算出するアルゴリズムの開発を行う。そして、得られた変位応答から橋梁の応力状態や活荷重を把握出来るシステムの構築を行う予定である。

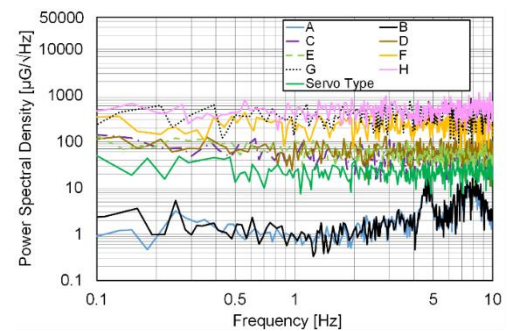


図1 複数のMEMS加速度センサにおけるノイズレベルの比較

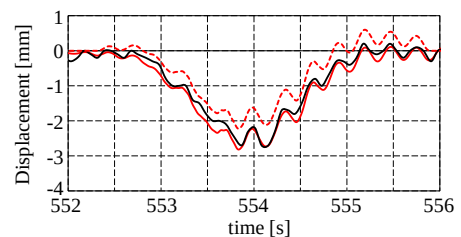


図2 自由振動仮定法と初期速度推定法の比較

5. 新たな PC グラウト充填状況非破壊検査技術の開発

【はじめに】

PC 構造物において、PC グラウトは構造性能を確保する他、耐久性を確保する観点からきわめて重要な役割を担っている。しかし、1995～2005 年以前に施工されたものは、材料面、施工面で十分な配慮ができていない場合があり、PC グラウトが充填不足となっている事例が報告されている。

現状において、PC グラウトの充填度非破壊検査法としては、X 線透過法、広帯域超音波法、インパクトエコー(衝撃弾性波)法が実用化されているが、適用範囲、精度、作業効率等において課題も多いのが現状である。そこで、それらの課題を解決できる新たな PC グラウト充填状況非破壊検査の開発研究を実施することとした。

本開発研究では、以下の 2 点に着目して、精度、簡易性の向上を図れる手法を確立する。

- (1) 波動の伝播を解析的に処理し、充填されていない場合に検知できる入力波と受信波の特性や位置の関係を明確にする。
- (2) コンクリート表面での入出力では、表面を伝達する表面波の影響が大きいため、表面波の影響を除去する手法を確立する。

今年度は計画までであり、来年度から研究フローに従い研究を進める。

【研究開発フロー】

研究開発のおおよその流れを以下のように設定した(図-1 参照)。

① 波動解析ソフトの開発

任意の点から任意の弾性波を入力された場合において、任意の点で弾性波がどのように伝わるかを解明できる「弾性 TDFD 法」による解析ソフトを開発する。空間内での音の伝播については技術が確立しているが、コンクリート部材内ではまだ確立されていない技術分野である。

② モデル供試体による解析ソフトの検証と修正

③ 非破壊検査の最適パターンの抽出

実構造物を対象として、空洞(PC グラウトの充填不足)を精度良く検知するために、どの位置からどのような弾性波を入力して、どの位置でどのように出力を捉えるのが効率的かを、解析ソフトを使用して見つけ出す。

④ 装置の開発

⑤ 実構造物模擬供試体での検証と装置の改良

⑥ 実作業で効率的な装置への改良

⑦ 実構造物での検証

⑧ 解析ソフトと装置をパッケージとした商品化

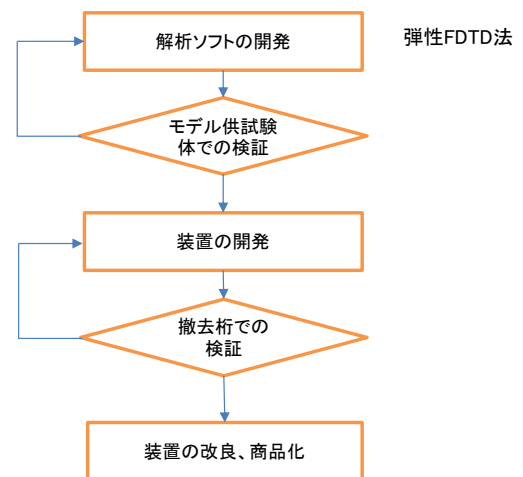


図-1 研究開発フローの概要

6. 赤外線サーモグラフィ法による剥落検知技術の高度化

【はじめに】

定期点検におけるたたき点検で異常が検出されていない箇所、その後、剥落が生じた事例が見られている。たたき点検では検出されずに、その後剥落に至る事象、例えば深い位置でのひび割れ、空洞、あるいは極軽微なひび割れについても検出でき、且つ発見が遅れることの無いように日常管理的に足場等がない状況でも対応できる剥落防止非破壊検査の高度化研究を実施することとした。

一般に、コンクリート内部の空隙・空洞の非破壊検査としては、打音法を含む弾性波法が深さ方向の適用範囲も含めて精度的に優れているが、適用にあたっては、近接できる環境を準備する必要があること、点的な検査であり広範囲に適用するには作業効率が低い。このため、これまでの検査においても全ての箇所でも適用できているわけではない。また、検査も頻繁にできるわけではなく、新たに発生した空隙(隙間)に対して対応できないのが現状である。

これらの現状を踏まえると、危険性を早期に検知するのが得策であると判断し、離れた所から面的に対応可能な赤外線サーモグラフィによる非破壊検査の適用性について検討することとした。

今年度は計画までであり、来年度に実験および解析を実施する。

【実験概要】

現状の赤外線サーモグラフィは、温度分解能が $0.04\sim 0.02^{\circ}\text{C}$ まで高性能化しているの、現状の装置で、どのような条件でどのような範囲まで検知できるのか明確にすることとする。

供試体は、壁高欄を想定し、部材厚さを A 供試体で 250mm と B 供試体で 200mm の 2 種類とする。部材の大きさは、縦 900mm、横 1,050mm とし、模擬空隙の大きさ、配置位置は A,B 供試体共通とする。供試体の概要図を図-1 に示す。

模擬空隙の大きさは、 200×200 、 100×100 、 $50\times 50\text{mm}$ の 3 種類とする。

模擬空隙は、厚さ $t=3.5\text{mm}$ とし、空気層となる緩衝材で形成する。

模擬空隙までのかぶり厚は、A 供試体で $C=55, 45\text{mm}$ 、B 供試体で $C=35, 25\text{mm}$ とする。

コンクリートの設計基準強度は $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ とし、所定の養生後、内部の水分状態が一様となるよう 1 ヶ月程度自然乾燥させた状態とする。

供試体の温度分布を計測するため、各供試体 2 箇所、厚さ方向 6 点計測できるように熱電対を設置する。

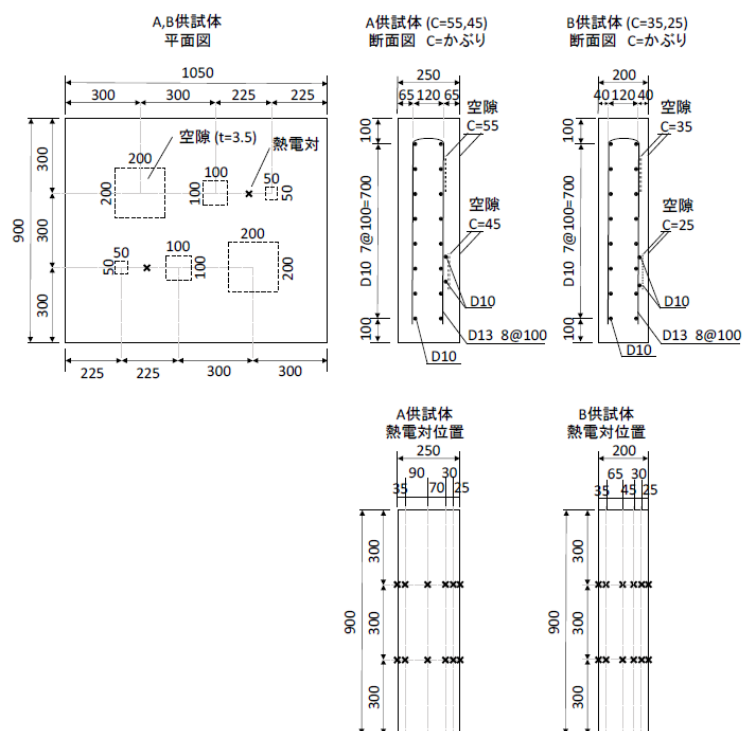


図-1 供試体概要図

重点推進研究
広域型地震防災研究室

サイズミックインタラクションの系統的検討と横断型防災技術教育の確立
2014 年度報告書

広域型地震防災研究室

1. 研究メンバー（専門領域）

原子力安全工学科	古屋	治	（機械耐震、振動応答制御）
都市工学科	吉川	弘道	（地震リスク、コンクリート工学）
建築工学科	濱本	卓司	（建築構造、構造ヘルスマonitoring）
原子力安全工学科	藤本	滋	（原子力・機械耐震、振動発電）
原子力安全工学科	村松	健	（リスク評価）
原子力安全工学科	牟田	仁	（リスク評価）

2. プロジェクト概要

地震発生による様々な様式の被害を一連の連鎖システムとして捉え、その相互関係を明らかにすることと総合的な被害想定技術を構築し、これによりもたらされる横断的耐震技術の統合化を目的とする。また、関連して横断的観点での防災技術教育の在り方を確立する。

本研究は、一連の被害事象を複数分野による地震対策的観点で横断的に検討するものであり、耐震技術の統合化を可能とするばかりでなく、機械・建築・土木構造物の耐震基盤技術の高度化に大きく貢献できるものである。

3. 平成 26 年度の研究内容

平成 26 年度は、研究分野横断領域である設備機器における耐震安全性評価を振動実験と応答解析の両面から実施し建築-機械構造物間でのサイズミックインタラクションを考慮した耐震安全の考え方の在り方について検討した。結果として、振動実験から東日本大震災における機械構造物の特徴的被害の一つである天吊り形式構造物の被害メカニズムを明らかにし、また、振動実験結果をベースに構築した解析モデルを用いて低サイクル累積疲労の観点から設計パラメータと安全裕度の関係を明らかにした。具体的には、建築-機械構造物の固有振動数比を 1.1 以上、もしくは、0.9 以下にし、また、振動システムの減衰比を 20%以上に設定することで余震を含む大地震の地震入力に対して機能と耐力の安全性を維持し得ることを確認した。本結果は、以下に示すように複数の学会で報告することにより産業界に周知した。また、地震、耐震、防災に関する横断的防災技術教育の検討を具体的に進め、授業計画をまとめた。さらに、平成 27 年度からの大型予算による研究推進に向け研究費の申請を鋭意行うこととした。

4. 掲載論文/出版図書と国際会議での講演

- Furuya, O., Yoshida, K., Asaoka, S., Ogata, K., Niiyama, N. : Study on Seismic Safety Improvement of Hanging Type Mechanical Structure in Industrial Facilities during Long Duration Earthquake, American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division, Seismic Engineering, DOI 10.1115/PVP 2015-45366, 2015. （掲載決定済み）
- Ishihana, K., Furuya, O., Goda, K., Omata, S. : Study on Laminated Type Base Isolation Device using Urethane Elastomer for Practical Application, American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division, Seismic Engineering, DOI 10.1115/PVP 2015-45426, 2015. （掲載決定済み）
- 津波設計・評価手引き策定分科会：津波に対する構造設計・リスク評価手引き，独立行政法人原子力安全基盤機構，2014.
- Yoshida, H., Furuya, O.: Study on Seismic Safety Improvement of Mechanical Structure in Long Duration Earthquake, American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division, Seismic Engineering, DOI 10.1115/PVP 2014-29008, 2014.
- 他 7 件

5. 企業との連携（共同研究/共同解析）

- オーツケミカル株式会社・ブリヂストン株式会社：ウレタンエラストマーを用いた積層型免震装置に関する研究
- バイプロシステム：風力発電機の制振性能の高度化に関する研究

6. 外部資金の獲得

- 平成 24 年度 国家課題対応型研究開発推進事業原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ（H24～H26）：「リスクマネジメント基盤技術としての地震リスク評価の信頼度向上に関する研究」，研究者：村松健，藤本滋，古屋治，牟田仁，高田毅，西田明美，内山智曜
- 平成 24 年度 科学研究費助成事業（H24～H26）：「長継続時間地震による天吊り形式の機械系構造物に関する耐震性の高度化」，研究者：古屋治

地盤環境評価研究室

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震では、首都圏の埋め立て地域で広域に液状化が起こり、多くの住宅や工場に沈下や傾斜の被害が生じた。しかし、液状化対策工事が極めて高額なため、抜本的な対策が難しいとされる。このような現状から、既存の宅地や構造物に対する廉価な液状化対策工法の開発が強く望まれており、本研究ではシリカ系薬液や特殊水を地盤内に注入する液状化対策について重点的に検討を行っている。

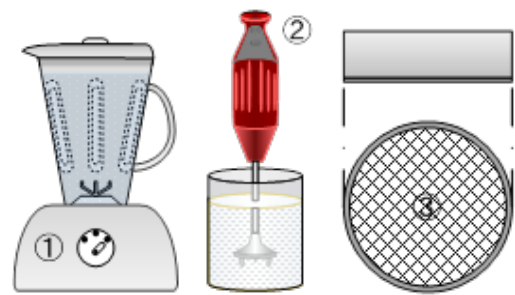
2. 研究成果

本研究では、液状化対策として十分な実績がある薬液注入工法に着目して、そのコストを大幅に低下させることを試みている。開発当初は、シリカ微粒子の一種であるホワイトカーボン(White-carbon:以下 WC)を地盤に注入する方法であり、現在はさらに廉価なシリカゾルがターゲットである。このような粉体を地盤に注入することにより、砂地盤中の固体密度を増加させて液状化に対する抵抗力を増大させ、そして例え液状化が発生したとしてもその後の圧密沈下を抑制することに期待するものである。しかしながら、実際にはシリカ粉末は通常凝集体を形成するため、細粒化は難しいとされてきた。そこで、マイクロバブル生成技術を援用して、シリカゾルを粉末化する技術を開発し、その有効性を確認した。

図-1,2 はシリカゾルの粉碎装置である。ミキサー等による一時粉碎の後、混合水をカスケードポンプに取り込み、マイクロバブル発生ノズルに高速で送り込むことによって、渦崩壊によりシリカ凝集体を破壊する仕組みである。図-3 は粉碎結果であり、これらの粉碎を通して平均粒径を 1/10 にまで小さくすることが可能となった。

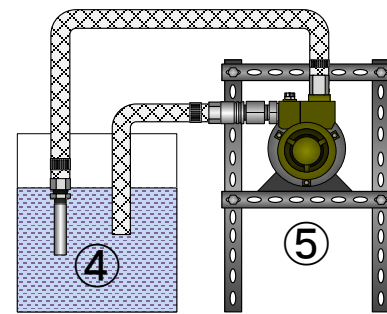
3. 終わりに

ホワイトカーボンに続いて、シリカゾルの細粒化に成功した。このような粉碎技術により、砂模型地盤へのシリカ注入については成功している。今後は、注入濃度と液状化対策効果の関係を調べるとともに、マイクロバブル工法との併用工法の提案、実地盤への適用を視野に活動する。



①:ミキサー ②:ハンドミキサー ③:目開き75μmふるい

図-1 1次粉碎の概略図



④:Si水 ⑤:カスケードポンプ

図-2 2次粉碎の概略図

表-1 実験条件

case	使用薬液	薬液濃度 (%)	養生期間 (day)	乾燥養生期間 (hour)	粉碎方法	粉碎時間 (min)
case1	シリカゾル	6	7	2	ミキサー	10
case2					1次粉碎	20
case3					2次粉碎	15
case4						30

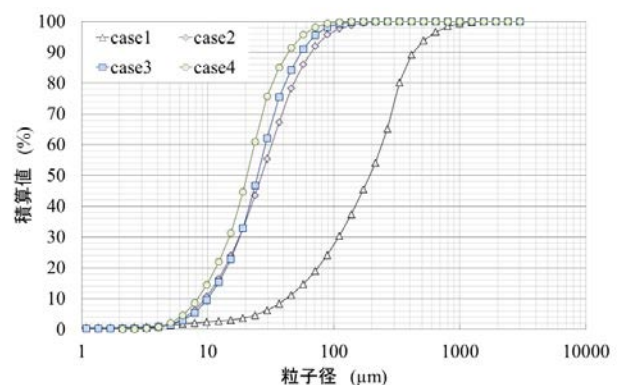


図-3 粒度分布測定結果

地盤環境評価研究室

東日本大震災では、浦安市や茨城県を中心に広域に液状化が発生した。今後の地震に備えるために早急に液状化対策が必要であるが、そのコスト高のために遅々として進まない現状。

本研究室では、シリカ系薬液やマイクロバブルを地盤に注入する液状化対策工法を研究しています。



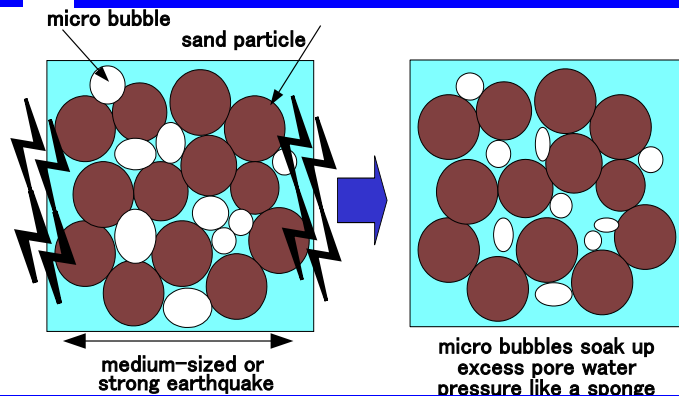
☆液状化研究は新潟地震から始まった
写真：1964年新潟地震液状化災害ビデオ写真集(JGS)



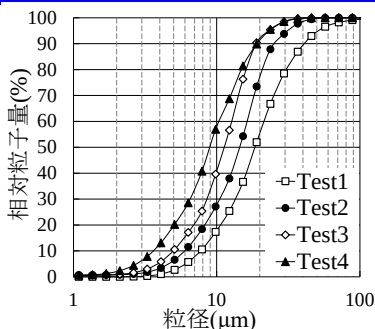
☆東北大震災でも液状化被害は甚大
写真：JHS菅野氏提供



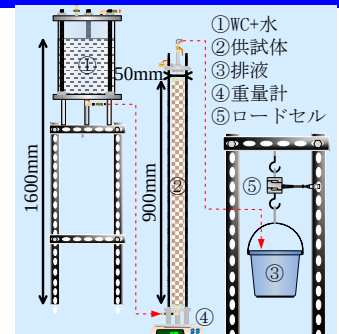
☆直径30 μm の気泡マイクロバブルを特殊ノズルで生成(協力:筑波大京藤教授)



☆マイクロバブル工法は地盤中にこの気泡を注入するもの。安価で環境にやさしい液状化対策として注目される。



Case	試料 (WC/水 wt%)	攪拌時間 (min)	静置期間 (day)
Test1	WC	0	0
Test2	WC(7.5wt%)	30	0
Test3	WC(7.5wt%)	75	0
Test4	WC(4.0wt%)	30	14



マイクロバブルに加えて、粉碎シリカを地中に！

1 mの長尺砂地盤中に注入可能

既存の液状化対策工法の強化と発展、並びに新しい注入系工法の開発を目指して歩んでいます。

東京都市大学工学部都市工学科 末政直晃
(株)強化土エンジニアリング 佐々木隆光
(株)佐藤工業 永尾浩一

重点推進研究
水素エンジン研究室

低エミッション高熱効率直噴水素エンジンの研究開発

水素エンジン研究室

三原 雄司

中川 研司（工学部機械工学科）

1. 研究の範囲と目的：

- (1) 再生可能かつクリーンエネルギーである水素を内燃機関に用いた場合の地球温暖化軽減、大気環境汚染低下および化石エネルギー枯渇の軽減に対する貢献を明らかにすること。
- (2) 本学が独自に開発した新しいコ燃焼コンセプトにより、水素エンジンの NOx 抑制と大幅な熱効率の向上を実現させ、燃料電池につぐ次世代水素燃料自動車用原動機の位置づけを明らかにすること。
- (3) 研究に使用している独自開発の高圧水素噴射弁をトライボロジー的アプローチにより信頼性の向上を図り、実用化が可能なレベルの耐久性を実現すること。

2. 平成26年度の研究活動概要：

(1) CO₂ 排出のない水素燃料エンジンの課題は、高負荷運転条件における窒素酸化物 NOx の軽減である。これまでの研究で、熱効率への跳ね返りを最少にした上で NOx 排出を大幅に低減することのできる新しい燃焼方式を見出し、PCC 燃焼（過濃混合気塊点火燃焼コンセプト、Plume Ignition Combustion Concept）と命名し、熱効率向上と NOx 生成低減研究を行っている。

(2) 前年度明らかにした、熱効率が低下する水素エンジンの低負荷運転において、大幅な熱効率向上を実現できた PCC 燃焼に近い上死点近傍の噴射時期作動条件における混合気の濃度分布を、岡山大学と共同で開発している SIBS 法（火花点火時の水素濃度を計測する火花誘起ブレイクダウン分光法 Spark Induced Breakdown Spectroscopy）で、定量的に計測し、軸方向に濃淡空燃比層が存在する軸方向成層化を確認した。これが熱効率向上の主因である。

・昨年度9月に採択された府省横断戦略的革新プロジェクト SIP「エネルギーキャリアー水素燃焼」のテーマである熱効率向上に特化した研究のため、これまでの PCC 燃焼より噴射時期を進める作動条件の選定と、この条件における噴流改善による熱効率向上の研究を開始した。

(3) 高圧水素噴射弁の耐久性を、エンジンの実用耐久時間に対応させるため 2,000 時間に目標設定し、対応する技術を織り込んだ噴射弁の 100 時間耐久評価を行った。この結果、テーパ付 O リング用バックアップリングとの組み合わせにより、O-リングの噛み込みによる摩損を軽減することができた。

3. 外部機関との連携

上記研究目的を達成するために、下記外部大学・研究機関との連携を行った。

(1)	共同研究、バイオ水素精製過程の合成ガスを燃料とする水素内燃エンジン搭載トラックの研究、(独行法)交通安全環境研究所、東京理科大学、2014.2～
(2)	任意共同研究、SIBS 法による点火時空燃比の計測、岡山大学、2013.9～
(3)	業務委託、水素高圧高じょう乱噴流の数値計算、早稲田大学、2014 年度実施
(4)	府省横断戦略的革新プロジェクト SIP に採択され、「水素エンジンの熱効率向上研究開発」を開始、2014.9～

以上

低エミッション高熱効率直噴水素エンジンの研究開発

水素エンジン研究室

三原 雄司

中川 研司（工学部機械工学科）

1. 平成26年度の研究成果の概要

水素燃料エンジンの課題である、高負荷運転条件における窒素酸化物 NOx を軽減させ、かつ熱効率を向上させることのできるポテンシャルを持っている PCC 燃焼（過濃混合気塊点火燃焼コンセプト）方式を見出し、その性能向上に取り組んでいる。このコンセプトは、水素の高い拡散性と高い燃焼速度を活用したものであり、噴射中または噴射直後の高じょう乱状態の過濃水素噴流塊に火花点火し燃焼させ NOx 生成を抑制する燃焼方式である。

(1) 本研究で、水素エンジンの部分負荷（低負荷）運転で使用する均質混合気では、未燃焼水素が大量に発生し熱効率が大幅に低下することを明らかにした。PCC 燃焼および PCC 燃焼に近い上死点に近い噴射時期で、未燃焼水素の発生を大幅に抑えることができ、熱効率の向上を実現することができた（結果図示なし）。未燃焼水素の軽減は、過濃混合気が燃焼室上部の点火プラグ近傍に多く滞留している軸方向の成層化によるためであり、岡山大学との共同研究で実施している点火時の空燃比(λ)の計測手法 SIBS により明らかにした

(2) 下記対応を行った高圧水素噴射弁の、作動安定性と耐久性向上効果の評価を行った（耐久性目標値 2000 時間、現在の進捗 100 時間）。

- ニードルの水素-作動油間 O-リング溝とバックアップリング溝形状の形状変更（図 2 参照）
- ニードルしゅう動部の磨耗軽減のための DLC の加工法改良
- 弁座部の磨耗軽減のための DLC 加工膜の硬度変更

この結果、100 時間の耐久実験により、これまで同じ耐久時間で発生していた O-リングの摩損が無くなり、ニードルしゅう動部の磨耗と弁座の摩耗の発生も防止できた。今後、目標である 2,000 時間に向けて耐久性の評価を続ける。

2. 研究発表などの主要な成果

- | | |
|-----|--|
| (1) | 三浦宏太他，自動車技術会論文集，Vol.45，No. 4，pp657-662，(July, 2014)，(研究論文) |
| (2) | 森 裕樹他，自動車技術会学術講演前刷集 No.127-14，pp1-4，(Oct. 2014)，(研究発表) |
| (3) | 松永大知他，自動車技術会学術講演前刷集 No.127-14，pp5-8，(Oct. 2014)，(研究発表) |

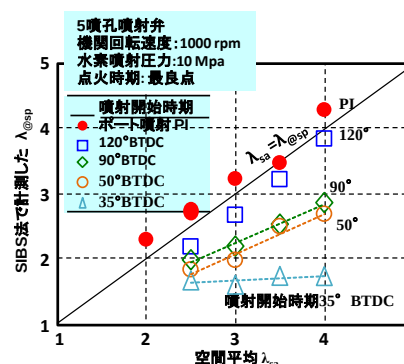


図 1 SIBS 法で計測した燃焼室内混合気の成層化（噴射開始時期が上死点に近いほど点火プラグ近傍の混合比が濃くなっている）

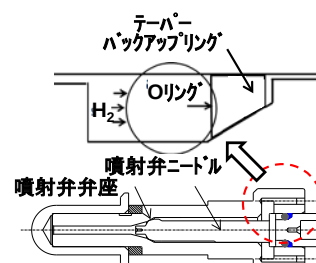


図 2 噴射弁ニードルのテーパ付 BR の形状

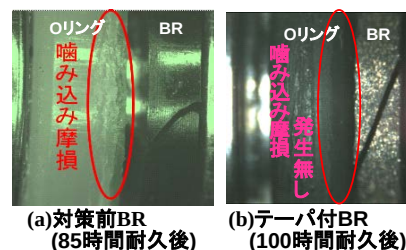


図 3 テーパー付 BR による O リン

以上

インキュベーション・ラボ
応用表現研究室

平成26年度応用表現研究室の活動概要

山崎芳男、廣瀬禎彦

応用表現研究室は平成26年7月にあらたに設置された研究室です。
この研究室は山崎芳男、廣瀬禎彦の二名の特別教授によって運営されています。
山崎教授のチームはおもに音響をテーマとした技術研究を中心にしており、廣瀬教授のチームはメディアとコンテンツのいろいろな組み合わせによる表現効果を主な研究分野としています。

エッジ団プレススピーカーの研究

通常スピーカーは空気を振動させることによって音を発生させつたえます。
おもな振動媒体はスピーカーのコーンと呼ばれる部分で、紙をふくめ各種によって広範囲の音をはっせいさせやすい素材を使用しますが、それらに共通しているのは、コーンはいずれもバツフル板で代表される平面に固定されていることです。子のコーンのエッジが固定されているために振動を制限する力がコーンにかかるためコーンの振動にブレーキをかける効果となり音を発生させる効率がそのために低下せざるをえません。
そこで、この研究では超伝導技術を使ってコーンの部分をスピーカー本体から浮き上がらせてコーンのエッジにかかる負荷をなくすことにより音をはっせいさせるときの効率を飛躍的に向上させることをねらっています。
今年度はこの考えにもとづく試作品を開発し、超伝導技術の音響分野での応用事例として実験・検証をおこない、あわせて試作システムを用いて機会あるごとに研究会等でデモンストレーションをおこなっています。

東北の風景の復興、創景プロジェクトでの音収録活動

東京芸術大学と早稲田大学が共同で復興庁からの委嘱にもとづきおこなったかつどうです。
東日本大震災で破壊された風景を修復し新たに作り出すことを企画提案するプロジェクトで、東京芸術大学はその風景の景色の部分を、早稲田大学と当研究室はその景色とともに存在する音の部分を担当しています。
活動の対象は景色情報の収集だけでなく、その景色のなかで生活してきた人達の生活体験にもとづく生活情報の収集も手がけており、その人たちのいろんな語りについてアーカイブし景色の証言として保存ヅル目的で録音収集をしてき

ました。この収録では、複数の地元の古老があつまり、雑談形式でいろいろ昔の生活のシーンを語るところをできるだけそのままの形で収録すべく、複数チャンネルで同時録音し、収録後にそれぞれのチャンネルを慎重に聞きながら発言の収録をもれなくしかも明瞭に収録しているところに技術的な特徴があります。

「東北の芸能と集落」の制作

東京芸術大学、早稲田大学の共同研究活動の一部を担当し、「東北の芸能と集落」と題する映像をふたつの目的のために制作しました。ひとつは共同研究の目的である東北の失われた風景を修復するための資料として東北地方における芸能の概要とその芸能と集落形成との関係の概観をしめすことであり、もう一つは映像をメディアとして使用したときの効果的な表現方法の研究の実験を行うことです。今回はメディアとしてはビデオを採用し、コンテンツとして郷土芸能研究家である小岩秀太郎氏の語りを組み合わせ限られたビデオの長さの範囲と限定された制作時間、制作予算のなかで比較的馴染み農水郷土芸能の世界をわかりやすくつたえることでした。

語りをコンテンツとするときのむづかしさは語り手の持っている知識は豊富でも豊富な知識をもっている人が必ずしも優れた、わかりやすい話し手とはかぎらないことです。そこで我々が狙っているのは語り手の話す技術にかかわらず、その語り手のもつ知識を最大限、わかりやすく、聞き手に興味を持たせることができるように引き出す表現手法を研究することです。「東北の芸能と集落」の制作目的のひとつはそのような手法の実験でもありました。

今回の実験ではほぼその目的通り話し手から限られた時間と予算の範囲で必要十分な内容をひきだすことができました。今後は多様な語り手を対象にこの手法が語り手の持つ知識情報を効果的に引き出す汎用性のある手法であることを示すために表現作品の実験を制作を通じておこなっていきます。

以上