

# 平成 24 年度関西大学研究拠点形成支援経費における研究の成果概要】

申請区分	理工系
研究課題	東日本大震災を踏まえた観測およびシミュレーションが連携した津波減災技術の開発
研究代表者	社会安全学部・教授・高橋 智幸
研究分担者	社会安全学部・教授・林 能成 社会安全学部・准教授・越山 健治 社会安全工学部・助教・城下 英行 国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部・室長・日向 博文 ※H26 年 4 月 1 日より愛媛大学教授へ異動 琉球大学・工学部・教授・藤井 智史 情報通信研究機構・電磁波計測研究所センシングシステム研究室・研究マネージャー・花土 弘
研究成果の概要	<p>海洋レーダおよび GPS 波浪計による津波観測データと津波波源・伝播シミュレーションとを連携させ、防災情報システムの高度化を図るために以下の研究を実施した。</p> <p>(1)和歌山県白浜町および美浜町に設置した海洋レーダによる海象観測を継続し、レーダ特性を把握するとともに、S/N 比を低下させる検討を行った。また、津波観測に必要となる連続観測機能および一次データの保存機能を実現した。(日向・藤井・花土・高橋)</p> <p>(2)気象庁の一元化処理震源リストを用いて、海洋レーダの観測範囲で発生した気象庁マグニチュード 3.0 以上、断層上端深さ 20km 以下の 9 地震を抽出した。それらの地震による海底地盤変動を数値計算により求め、有意な津波波源が生じていないことを示した。また、海洋レーダの観測性能(4.8cm/s) 以上の表面流速を発生させる地震のタイプを数値計算により明らかにした。(高橋・日向)</p> <p>(3)2012 年 10 月 28 日に発生したカナダ・クイーン・シャーロット諸島沖地震 (M7.8) による遠地津波来襲時の表面流速を海洋レーダにより調べた結果、4.8cm/s を超える流況が発生していないことを示した。また、同地震津波の再現計算および断層モデルに関するパラメータスタディを実施して、同海域で発生する遠地津波の日本来襲時のメカニズムを明らかにした。(高橋・日向)</p> <p>(4)海洋レーダで観測する流速の時空間分布からグリーン関数を求めて、逆解析により津波波源を推定するモデルを提案した。(日向・高橋)</p> <p>(5)南海トラフにおいて発生し得る数千パターンの地震を想定し、津波の発生・伝播計算を実施して、GPS 波浪計による津波警報の過小評価防止モデルを提案した。(高橋・林)</p>

(6)津波災害の発生時に提供され得る防災情報の整理を行うとともに、防災行政の実務において必要となる防災情報の分析を行った。(越山・城下)

#### 研究成果の公開状況

- ・門廻充侍, 高橋智幸, 林能成, GPS 波浪計を用いた南海トラフでの津波警報の過小評価の判定指標, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 有, vol. 69, No. 2, 2013, I\_406-I\_410
- ・藤良太郎, 日向博文, 藤井智史, 高橋智幸, 海洋レーダを用いたインバージョンに対するレーダ観測時間の影響, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 有, vol. 69, No. 2, 2013, I\_436-I\_440
- ・Shuji Seto, Tomoyuki Takahashi, Yoshinari Hayashi, Real Time Estimation of Tsunami Source Magnitude by the GPS-mounted Buoys in the Nankai Trough, AOGS 10th Annual Meeting 2013, 2013年6月, Brisbane Australia
- ・Ryotaro Fuji, Hirofumi Hinata, Satoshi Fujii, Tomoyuki Takahashi, Influence of Integration Time on Tsunami Inversion by Oceanographic Radar, International Tsunami Symposium 2013, 2013年9月, Gocek, Turkey
- ・Tomoyuki Takahashi, Shuji Seto, Yoshinari Hayashi, Avoiding Underestimation of Tsunami Warning by Using the GPS-Mounted Buoys in the Nankai Trough, International Tsunami Symposium 2013, 2013年9月, Gocek, Turkey
- ・Hirofumi Hinata, Ryotaro Fuji, Satoshi Fujii, Takahiro Kokai, Hiroshi Nagamatsu, Tomoyuki Takahashi, Velocity Fields of Propagating Tsunami Wave and Subsequent Resonant Oscillation Revealed by Oceanographic Radars in the Kii Channel, Japan, International Tsunami Symposium 2013, 2013年9月, Gocek, Turkey
- ・Shuji Seto, Tomoyuki Takahashi and Yoshinari Hayashi, Upgrading Tsunami Warning by Using the GPS-Mounted Buoys in the Nankai Trough, 2014 Ocean Sciences Meeting, 2014年2月, Honolulu, USA
- ・Megumi Okamoto, Shuji Seto, Tomoyuki Takahashi and Hirofumi Hinata, Numerical experiment on far field and near field tsunamis concerning Oceanographic Radar observation, 2014 Ocean Sciences Meeting, 2014年2月, Honolulu, USA
- ・Ryotaro Fuji, Hirofumi Hinata, Satoshi Fujii, Tomoyuki Takahashi, Influence of integration time on the accuracy of estimation of tsunami initial sea surface elevation based on inversion using oceanographic radar, 2014 Ocean Sciences Meeting, 2014年2月, Honolulu, USA

申請区分	理工系
研究課題	ソフト・ハードマテリアルの融合による直接対話型デバイスの開発
研究代表者	システム理工学部・教授・田實 佳郎
研究分担者	化学生命工学部・教授・幸塚 広光 化学生命工学部・教授・越智 光一 化学生命工学部・准教授・原田 美由紀 化学生命工学部・助教・内山 弘章
研究成果の概要	<p>ソフト・ハードマテリアルの融合による直接対話型デバイスを実現させるための技術的な課題について、研究期間内に最終的に下記の成果を具体的に挙げることができた。これにより、関西大学発の技術が確立され、この分野に大きな貢献をする基盤ができたと確信している。</p> <p>(1) 有機圧電高分子膜を利用したセンサの開発（田實担当）</p> <p>圧電体をタッチパネル用の押圧力センサとして利用しこれを人間の手で操作した場合、センサからの信号の発生が体温によるものなのか押圧力によるものなのかの分離が難しいという課題があった。非常に透明度が高く非焦電性である圧電性L型ポリ乳酸（PLLA）に着目し、その材料特性改善と特徴的な応用について基礎的研究を行ってきた。その中で、投影型静電容量方式のタッチパネルに PLLA を付加することにより、現在のタッチパネルの機能を全て活かしたまま押圧力検知タッチパネルを実現することを共同研究外部企業が現実出来たことを発表した。</p> <p>(2) 透明導電性セラミック膜を圧電性高分子フィルム上に作製（幸塚・内山担当）</p> <p>ポリイミド（PI）・ポリビニルピロリドン（PVP）混合膜を剥離補助層としてもシリコン基板上に作製されるITO前駆体ゲル膜を、剥離補助層が燃焼する700°Cで焼成しても、ITO薄膜をシリコン基板からポリ乳酸板に転写できることを明らかにした。このようにして焼成温度を500°Cから700°Cに上げることによってITO薄膜の結晶性が向上し、その結果、電気抵抗率が1桁下がった。具体的には、室温から5°C/minで600°Cまで上昇し、成膜と700°C焼成を7回繰り返す条件によりシリコン基板上に作製したITO薄膜を、RTA、ローラーのいずれによっても厚さ1.1mmのPLA板の全面に転写でき、その抵抗率は<math>6.3 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}</math>であった。</p> <p>(3) エポキシ系高分子を、耐湿性・耐紫外線性・ガスバリア性に優れる無機成分とハイブリッド化し、これを圧電性高分子フィルムと接着させるための条件を最適化する（越智・原田担当）</p> <p>シリセスキオキサン骨格エポキシ樹脂に酸化亜鉛ナノ粒子を分散させたコーティング薄膜を加熱硬化することによって、高い透明性と紫外線遮蔽特性を有する薄膜を調整することに成功した。この薄膜に高エネルギーの紫外光を照射すると、その最表面（<math>0.4 \mu \text{m}</math>以下）は芳香環などの有機成分が分解・除去されてガラス化する。このガラス化層に分散した酸化亜鉛ナノ粒子が紫外線を吸収するため、コーティング薄膜の内部およびその下のアンダーコート層を長時間の紫外線照射から保護することが可能であった。実際にポリ乳酸結晶からなる圧電素子の表面をこの薄膜でコーティングすることにより、圧電素子を紫外線から保護できることが示された。</p>

## 共同研究の実施体制

システムの設計 有機圧電高分子膜を利用した特徴ある sensing システムの確立と最適化(田實担当)  
透明電極としてのセラミック薄膜と高耐候性有機無機ハイブリッド層を付与する技術確立  
有機無機ハイブリッド層の耐湿性・耐紫外線性・ガスバリア性を高めるため合成条件最適化(越智・原田担当).  
連携企業の協力を得て、環境試験を的確に行い、実用化の障害を洗い出し、それを基に材料の最適化(田實・越智・幸塚・原田・内山担当).

拠点形成打ち合わせ会：共同研究の計画達成、成果追求のために研究代表者），分担者、研究室学生による下記の打ち合わせ会を 10 回行った。

場所：先端機構三階会議室

第 1 回：2012 年 4 月 7 日 15:00~17:00

第 2 回：2012 年 6 月 23 日 15:00~16:30

第 3 回：2012 年 9 月 29 日 16:00~17:50

第 4 回：2012 年 12 月 8 日 15:00~16:40

第 5 回：2013 年 2 月 9 日 15:00~17:30

第 6 回：2013 年 6 月 15 日 15:00~17:00

第 7 回：2013 年 9 月 21 日 10:00~12:00

第 8 回：2013 年 11 月 30 日 15:00~17:30

第 9 回：2014 年 1 月 18 日 15:00~17:30

第 10 回：2014 年 3 月 8 日 15:00~17:30

## 研究成果の公開状況

- H. Kozuka, Wet processing for the fabrication of ceramic thin films on plastics, J. Mater. Res., 有, 28, 2013, 673–688
- Y. Shiomi, K. Onishi, T. Nakiri, K. Imoto, F. Ariura, A. Miyabo, M. Date, E. Fukada, , and Yoshiro Tajitsu, Improvement of Piezoelectricity of Poly(L-lactide) Film by Using Acrylic Symmetric Block Copolymer as Additive, Jpn. J. Appl. Phys. 有, 52, 2013, 09KE02-1-09KE02-5
- J. Takarada. , K. Yamamoto, T. Kataoka, T. Nakiri, A. Kato, T. Yoshida and Yoshiro Tajitsu, Fundamental Study on Vibration in Edge Face of Piezoelectric Chiral Polymer Film, Jpn. J. Appl. Phys. 有, 52, 2013, 09KE01-1-09KE01-5
- M. Ando, H. Kawamura, H. Kitada, Y. Sekimoto, T. Inoue and Y. Tajitsu, Pressure-Sensitive Touch Panel Based on Piezoelectric Poly(L-lactic acid) Film, Jpn. J. Appl. Phys. , 有, 52, 2013, 09KD17-1-09KD17-4
- Y. Tajitsu, Fundamental Study on Improvement of Piezoelectricity of Poly(l-Lactic Acid) and Its Application to Film Actuators, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 有, 60, 2013, 1625–1629
- 幸塚広光, ゾルーゲル法によるプラスチックスへのセラミック薄膜の成膜技術, 光学薄膜の最適設計・成膜技術

と膜厚・膜質・光学特性の制御（技術情報協会）, 無, 一, 2013, 445-453

- H. Kozuka, T. Fukui and H. Uchiyama, Sol-gel and transfer technique for fabricating dual ceramic thin film patterns on plastics, J. Sol-Gel Sci. Techn., 有, 67, 2013, 414-419
- M. Ochi, Y. Uno, and M. Harada, Effects of 3D structure of silsesquioxane moieties on the thermal and optical properties of transparent epoxy/ silsesquioxane hybrid materials, J. Mater. Sci, 有, 48, 2013, 7245-7252
- S. Ito, K. Imoto, K. Takai, S. Kuroda, Y. Kamimura, T. Kataoka, N. Kawai, M. Date, E. Fukada and Y. Tajitsu, Sensing Using Piezoelectric Chiral Polymer Fiber, Jpn. J. Appl. Phys. , 有, 51, 2012, 09LD16-1-09LD16-5
- Y. Inuzuka, K. Onishi, T. Nagata, Y. Nakashima, S. Kinoshita, H. Yamane, T. Nakai, T. Kataoka, S. Ito and Y. Tajitsu, Fundamental Study of Application of Piezoelectric Chiral Polymer to Actuator, J. Appl. Phys. , 有, 51, 2012, 09LD15-1-09LD15-4
- M. Ando, H. Kawamura, K. Kageyama and Y. Tajitsu, Film Sensor Device Fabricated by a Piezoelectric Poly-L-Lactic Acid Film, Jpn. J. Appl. Phys. , 有, 51, 2012, 09LD14-1-09LD14-4
- H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama, and S. Tsuboi, Ceramic thin films on plastics: A versatile transfer process for large area as well as patterned coating, ACS Appl. Mater. Interfaces, 有, 4, 2012, 6415-6420
- 田實佳郎, 圧電エレクトレットを利用したセンシング, 平成 26 年電気学会全国大会, 2014 年 3 月 18 日～20 日, 愛媛大学, 愛媛
- 田實佳郎, 高分子フィルムの結合効果, ポリウレタンフォーラム「ポリウレタンを考える XV」, 2014 年 2 月 28 日, 愛知工業大学
- H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama, and S. Tsuboi, Wet processing and transfer technique for fabricating ceramic thin films on plastics, 5th International Symposium on Advanced Ceramics (ISAC-5), Dec. 9-12, 2013, Wuhan, P. R. China
- T. Yoshida, A. Kato, T. Yoshimura and Y. Tajitsu, Flexible Piezoelectric Films with Alternate Rows of Optical Isomers of Poly-lactic Acid Film, The20<sup>th</sup> International Display Workshop, 2013 年 12 月 4 日～6 日, Sapporo Convention Center Sapporo, JAPAN
- M. Ando, H. Kawamura, H. Kitada, Y. Sekimoto, T. Inoue, S. Nishikawa , M. Yoshida, K. Tanimoto and Y. Tajitsu, A Deformation Detection Touch Panel using a Piezoelectric Poly(L-lactic acid) Film, The20<sup>th</sup> International Display Workshop, 2013 年 12 月 4 日～6 日, Sapporo Convention Center Sapporo, Japan
- H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama and S. Tsuboi, Sol-Gel and Transfer Technique for Preparing Ceramic Thin Films on Plastic Substrates, The 30th Japan-Korea International Seminar on Ceramics, Nov. 20-23, 2013, 北九州市国際会議場, 北九州市
- 幸塚広光, 内山弘章, 福井隆文, 高橋充, 坪井翔平, プラスチックスを基材とするセラミック薄膜の作製, 2013 年度セラミックス総合研究会, 2013 年 11 月 14 日～15 日, ホテルウェルシーズン浜名湖, 浜松市
- 改森 信吾, 菅原 潤, 田實 佳郎, 多孔質圧電ポリマーを用いた感圧センサ, 第 30 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, 2013 年 11 月 5 日～7 日, 仙台国際センター, 仙台市
- 越智光一、山内健太、入船 晃、原田美由紀, シルセスキオキサン骨格エポキシ樹脂から調製された透明性コート

- イング膜への紫外線照射の影響, 第 63 回 ネットワークポリマー講演討論会, 2013 年 10 月 22 日, 千葉大学, 千葉
- ・田實佳郎, 圧電性高分子とその応用, 第 3 回 Printed Electronics(PE)研究会, 2013 年 10 月 10 日, 大阪大学, 産業科学研究所
  - ・潮見勇樹・田實佳郎, 有浦英美, 宮保淳, 高分子の圧電性と構造, 第 62 回高分子学会討論会, 2013 年 9 月 11 日～13 日, 金沢大学, 金沢
  - ・田實佳郎, 添加剤による高分子の圧電性向上, 第 37 回静電気学会全国大会, 2013 年 9 月 10 日～11 日, 千葉大学, 千葉
  - ・M. Ochi, K. Yamauchi, N. Amano, M. Harada, UV shielding film prepared from the silsesquioxane epoxy resin, WCARP-V, Sept. 7, 2014, Nara, New Public Hall
  - ・越智光一、山内健太、入船 晃、原田美由紀, シルセスキオキサンエポキシ樹脂コーティングへの紫外線照射の影響, 第 9 回日本接着学会関西支部若手の会, 2013 年 9 月 6 日, 神戸大学, 神戸
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama and S. Tsuboi, Ceramic thin films on plastics:A versatile route realizing large area as well as patterned coating, XVII International Sol-Gel Conference(Sol-Gel 2013), Aug. 25–30, 2013, Madrid, Spain
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, S. Tsuboi and H. Uchiyama, Ceramic Thin Films on Plastics:A Versatile Sol-Gel Route Realizing Large Area as Well as Patterned Coating, The Eighth International Symposium in Scientific and Technology at Kansai University 2013, Aug. 21–23, 2013, 関西大学, 吹田市
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama, and S. Tsuboi, Fabrication of Ceramic Thin Films on Plastics:A Versatile Route Utilizing Sol-Gel and Transfer Techniques, 12th International Conference on Ceramic Processing Science(ICCPs-12), Aug. 4–7, 2013, Portland, U.S.A
  - ・坪井翔平, 内山弘章, 幸塚広光, ゾルーゲルセラミック薄膜のプラスチック基板への加熱転写, 日本ゾルーゲル学会第 11 回討論会, 2013 年 8 月 1～2 日, 広島大学, 東広島市
  - ・高橋充, 内山弘章, 幸塚広光, ゾルーゲル法により作製される焼成セラミック薄膜をプラスチック基材に転写する技術の開発, 日本セラミックス協会関西支部第 8 回学術講演会, 2013 年 7 月 26 日, 龍谷大学理工学部, 大津市
  - ・M. Ando, H. Kawamura, H. Kitada, Y. Sekimoto, T. Inoue and Y. Tajitsu, New Human Machine Interface Devices Using a Piezoelectric Poly(L-lactic acid) Film, International Ultrasonics Symposium, International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, Joint International Frequency Control Symposium, European Frequency and Time Forum, July. 21–25, 2013, Prague Congress Centre Prague Czech Republic
  - ・潮見勇樹・田實佳郎, 高分子の圧電性(II), 第 59 回高分子研究発表会, 2013 年 7 月 12 日, 神戸会議場, 神戸
  - ・田實佳郎, 有機圧電材料の今, 128 回定例会誘電体研究委員会, 2013 年 7 月 12 日, 東京工業大学
  - ・田實佳郎, ポリ乳酸フィルムからなる新規圧電材料の開発, 第 112 回プラスチックフィルム研究会, 2013 年 7 月 5 日, 龍谷大学セミナーハウス京都
  - ・Y. Tajitsu, Sensing using piezoelectric chiral polymer fiber, Third international conference on Electromechanically Active Polymer(EAP) transducers&artificial muscles, June. 25–26, 2013, Duebendorf(Zurich), Switzerland,
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama, and S. Tsuboi, Sol-Gel-Derived Ceramic Thin Films on Plastics:A

- Versatile Technique Utilizing Transfer Process, The10th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology(PacRim 10), June. 2–7, 2013, San Diego, U.S.A,
- ・潮見勇樹・深井真志・永田高博・名切卓男・田實佳郎, 高分子の圧電性, 第 62 回高分子学会年次大会, 2013 年 5 月 28 日～30 日, 京都国際会議場, 京都
  - ・田實佳郎, 有機圧電材料とその応用, MEMS セミナー, SEMI Forum Japan(SFJ: Semiconductor Equipment and Materials Internaitonal), 2013 年 5 月 21 日～22 日, 大阪国際会議場
  - ・Y. Tajitsu, Development of new piezoelectric element using piezoelectric fibers made from environmentally friendly polymer, 23rd IFATCC Congress (International Federation of Associations of Textile Chemists and Colourists Congress Hungary. Budapest, 8–10 May 2013) , May. 8–10, 2013, Hungary. Budapest
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama, and S. Tsuboi, A Versatile Route to Large Area Ceramic Thin Films on Plastics Using Sol-Gel and Transfar Techniques, 2013 Materials Research Society Spring Meeting, April. 1–5, 2013, San Francisco
  - ・守本雄, 高和宏行, 築地光雄, 岩見健太郎, 田實佳郎, 梅田倫弘, 薄板ガラスの光弾性計測, 2013 年春季 第 60 回応用物理学会学術講演会, 2013 年 3 月 27 日～30 日, 神奈川工科大学
  - ・田實佳郎, 圧電性キラル高分子纖維アクチュエータ, 平成 25 年電気学会全国大会, 2013 年 3 月 20 日～22 日, 名古屋大学, 名古屋
  - ・幸塚広光, 福井隆文, 高橋充, 坪井翔平, 内山弘章, ゾルーゲル法と転写によるプラスチックス表面上セラミック薄膜の作製とパターニング, 日本セラミックス協会第 51 回セラミックス基礎科学討論会, 2013 年 1 月 9～10 日, 仙台国際センター, 仙台市
  - ・田實佳郎, 有機圧電材料とその応用, 有機光エレクトロニクス部会 第 52 回研究会, 情報科学用有機材料第 142 委員会, 2012 年 12 月 3 日, 東京理科大学
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama, S. Tsuboi, A. Yamano, Ceramic thin films on plastics: a versatile solution-route towards roll-to-roll processing, 2012 Materials Research Society Fall Meeting, Nov. 25–30, 2012, Boston
  - ・安藤正道, 北田宏明, 吉田幸治, 景山恵介, 田實 佳郎, 圧電性 L 型ポリ乳酸を用いた押圧力検知タッチパネル, 第 29 回「センサ・マイクロマシンと応用 システム」シンポジウムセンサ学会, 2012 年 10 月 22 日～24 日, 北九州コンベンションセンター, 北九州
  - ・H. Kozuka, T. Fukui, M. Takahashi, H. Uchiyama. and A. Yamano, A new versatile route to ceramic thin films on plastics: a solution-based "high-temperature" processing, 2nd International Conference on Competitive Materials and Technology Processes, Oct. 8–12, 2012, Miskolc-Lillafured, Hungary,
  - ・田實佳郎, 高分子ナノテクノロジーハンドブック エヌ・ティー・エス, 運動を電気にするポリマー, 2014
  - ・田實佳郎, 機能材料, 有機系圧電材料の最新動向, 2013
  - ・熱硬化性重合体組成物およびその硬化物, 越智光一、倉谷美由紀、渡辺健一、吉田一浩, 関西大学、JNC 株式会社 日本化薬株式会社, 特許第 5158739 号, 2012 年 12 月 21 日, 国内