

機関番号：14303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21750219

研究課題名(和文) ナノ構造観察用X線CTのためのスピンドルCT技術の開発

研究課題名(英文) Development of spindle-CT technique for X-ray CT with nano-meter resolution

研究代表者

西川 幸宏 (NISHIKAWA YUKIHIRO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・助教

研究者番号：60332285

研究成果の概要(和文)：

物体内部の構造を三次元で観察できるX線CTは、空間分解能の向上とともに、産業分野での注目を集めており、急速に普及・発達しつつある。さらなる空間分解能の向上のためには、3つの要素技術が考えられる。点光源として用いるX線源の微細化、ベアリングを用いない試料回転機構、X線に対するコントラストの向上である。本研究では後者2つについて検討を行った。ベアリングレスのモーターシステムとして、連続回転するスピンドルモーターを使用し、高速カメラを組み合わせることで、試料の回転を止めずにCT撮影することに成功した。高コントラスト化については、検出器のシンチレーターを薄くすることで、高エネルギーなX線に対する感度を大きく低下させ、低エネルギーのX線に対する感度を相対的に向上させた。これにより、高分子材料の種類の違いを区別できるコントラスト性能を達成し、高分子材料におけるX線CTの利用の可能性を大きく切り開いた。

研究成果の概要(英文)：

X-ray CT is an emerging technique to observe the microstructures of objects in three dimensions. To achieve high resolution in X-ray CT, three key technologies are essential: fine focus of point source of X-rays, bearing-less motor system to rotate the sample, and contrast enhancement of samples against X-rays. In this study, last two of them are considered. We tried a continuously-rotating motor (spindle motor) as the bearing-less motor system coupled with a high-speed camera system. For the improvement of contrast, a thinner scintillator in front of CCD detector was adopted to enhance the relative sensitivity of the low-energy X-ray photons while drastically decreasing that of high-energy photons. As a result, the difference of the polymer species under X-ray CT can be detected. This progress opens the wide applications of X-ray CT to polymer science.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：高分子物理、計算機トモグラフィー

科研費の分科・細目：材料化学・高分子・繊維材料

キーワード：トモグラフィー、顕微鏡、放射線・X線・粒子、計測工学、複合材料・物性

1. 研究開始当初の背景

高分子材料科学において、三次元顕微鏡法による構造観察を行い、取得した三次元画像から、三次元構造解析を直接実施するという研究手法は、確実にトレンドとなっており、高分子材料科学においてさまざまなブレイクスルーをもたらしている。

三次元画像の取得方法には、大きく分けて4種類ある。共焦点レーザースキャン顕微鏡法のようにスライス像を光学的に直接観察する方法、位相合成による再構成（超音波診断やレーダー）、試料を物理的にスライスして2次元像を観察するスライス&ビュー、そしてCTである。これらの方法には一長一短がある。高分子材料科学への応用においては高い空間分解能が要求されるため、CTが最有力であると考えられ、透過型電子顕微鏡によるCT（Electron Tomography, ET）などで、成功を収めている。

電子線は大きな試料を透過しないため、X線を用いたX線CTの高分解能化が期待されている。しかしながら、X線CTの高分解能化はこのところ停滞している。X線CTの高空間分解能化には、光源の微細化、回転軸の軸ブレ精度の向上、高コントラスト化といったブレイクスルーが必要である。

2. 研究の目的

X線CTの高空間分解能化には、光源の微細化、回転軸の軸ブレ精度の向上、高コントラスト化といういくつかの要素技術が必要である。X線源の開発は、大規模な研究となるため、回転軸の軸ブレ精度の向上、高コントラスト化という点に着目し、特に高分子材料にフィットするようなX線CT技術の開発を目的とした。

3. 研究の方法

(1) スピンドルモーターを用いたX線CTの開発。一般にX線CTでは試料の回転・撮影を繰り返し、様々な角度の投影像を収集する。試料の撮影の際には回転が停止している必要がある。回転軸のモーターが停止すると、モーターの軸受内のベアリングの接触状態が変化し、軸ブレが発生する。これを解決する方法として、モーターを停止させずに撮影を行う、スピンドルCTの基礎技術を開発する。

(2) 高分子材料をターゲットにしたX線CTの高コントラスト化。高分子材料は炭素・水素・酸素など軽元素のみで構成されていることが多く、X線に対しては透明な材料である。しかしながら、加速電圧や検出器の最適化によってコントラストを改善することを試みた。

4. 研究成果

(1) スピンドルモーターを用いたX線CTの開発。当初計画では、光源を試料回転と同期させたチョッパーでチョップすることで、連続回転している試料の静止画を得る方法を検討していたが、性能のよい高速カメラが利用可能になったため、高速カメラを導入し、スピンドルモーター実験を行い、スピンドルモーターを用いたCT技術を実証した。

(2) 高分子材料をターゲットにしたX線CTの高コントラスト化。X線CTの高コントラスト化の一つの方法は、加速電圧を下げ、照射されるX線の光子エネルギーを低減（長波長シフト）することであるが、多くの場合、ぎりぎりまで低い加速電圧でX線を発生しており、改善の余地は多くない。本研究では、検出器のシンチレーター（X線を光に変換する素子）を薄くすることで、高エネルギーの光子に対する感度を低く＝低エネルギーの光子に対する感度を相対的に高くし、高コントラストに成功した。その結果、ポリスチレンやナイロンといった普通の高分子材料の種類を区別できるコントラストが得られた。様々な高分子に対して、コントラストの測定を行い、高分子材料に関するコントラスト地図を作製した。これにより、試料がX線CTでどのように見えるかということ、実験前に予想することが可能となった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計3件）

1. 高橋雅興、西川幸宏、畠山裕康、谷山弘行、X線CTによる高分子ブレンドの共連続構造の3次元観察とレオロジー、日本化学繊維研究所講演集, 68, 2011, pp. 85-88（査読なし）
2. 西川幸宏、太田秀直、小升雄一朗、高橋雅興、高コントラストX線CTの高分子カーボン繊維複合材料への応用、材料, 60, 2011, pp. 29-34（査読あり）
3. 西川幸宏、高橋雅興、カーボンナノファイバー／高分子複合材料における導電性・力学物性・構造、ケミカルエンジニアリング, 55, 2010, pp. 665-669（査読なし）

〔学会発表〕（計71件）

1. 西川幸宏、X線CTの原理と日用品の三次元画像、機器分析センター市民講座, 3/10/2011, 京都工芸繊維大学。
2. 西川幸宏、X線CTによる高分子多相系の三次元構造解析、高分子加工技術研究会 第74回例会, 3/8/2011, 京都工芸繊維

- 維大学.
3. Yukihiro Nishikawa, Shungo Iizuka, Masaaki Takahashi, 3d-Imaging and Analysis of Multi-Component Polymer Morphology Studied by X-Ray Tomography, 9th VietNam-KIT Joint Symposium in Ha-Noi, 3/2/2011, ベトナムハノイ医科大学.
 4. Yukihiro Nishikawa, Takashi Doumoto, Natsuhiko Mukai, Kenta Takemura, Takuya Kurihara, Yuichiro Komatsu, Masaaki Takahashi, Electrical, Thermal, and Mechanical Properties of Polymer Composites studied by X-ray Microtomography, PACIFICHEM2010, 12/16/2010, Hawaii Convension Center.
 5. 浜田敏彰, 樋口桂, 西川幸宏, 高橋雅興, (ダイセルポリマー)板倉雅彦, PP/セルローズファイバーコンポジットの X 線 CT による 3 次元構造観察とレオロジー, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 6. 栗原卓也, 西川幸宏, 高橋雅興, (住友ゴム工業)多田俊生, 球状及び房状 CB 充填 SBR の構造・粘弾性・導電性及び伸長挙動, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 7. 向井夏彦, 西川幸宏, 高橋雅興, カーボンナノファイバーネットワークの直接構造観察: 高分子ブレンドの共連続構造中のネットワーク形成, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 8. 高橋雅興, 西川幸宏, 武村健太, 向井夏彦, 根崎孝介, 高分子コンポジットにおける微粒子のネットワーク構造とレオロジー, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 9. 根崎孝介, 西川幸宏, 高橋雅興, SWNT/イオン液体/高分子コンポジットの構造とレオロジー, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 10. 畠山裕康, 栗原卓也, 西川幸宏, 高橋雅興, X 線 CT によるポリマーブレンド共連続構造の変形挙動の 3 次元観察, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 11. 太田直秀, 小升雄一朗, 西川幸宏, 高橋雅興, X 線 CT による繊維複合材料の繊維配向評価及び動的粘弾性測定, 成形加工シンポジウム'10 (神戸), 11/12/2011, 神戸大学 工学部.
 12. Yukihiro Nishikawa, Phase-separation structures of binary and ternary polymer blends in three-dimension studied by high-contrast X-ray computerized tomography, 4th International Symposium on Polymer Materials Science, 10/29/2011, NIST, USA.
 13. 飯塚峻吾, 西川幸宏, 高橋雅興, X 線 CT による 3 成分高分子ブレンドの構造研究, 第 54 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/27/2011, ハートピア京都.
 14. 武村健太, 西川幸宏, 高橋雅興, (電気化学工業)下木場裕一, 共連続構造を示す高分子ブレンドに局在したアルミナ粒子の三次元構造観察とレオロジー, 第 54 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/26/2011, ハートピア京都.
 15. 根崎孝介, 西川幸宏, 高橋雅興, イオン液体による SWNT の高分子への分散: コンポジットの構造と物性, 第 54 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/26/2011, ハートピア京都.
 16. 太田直秀, 小升雄一朗, 西川幸宏, 高橋雅興, X 線 CT 及び動的粘弾性測定による繊維複合高分子材料の繊維配向と力学物性の相関—繊維長及び充填量依存性—, 第 54 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/26/2011, ハートピア京都.
 17. 畠山裕康, 栗原卓也, 西川幸宏, 高橋雅興, X 線 CT による PS-PMMA 系共連続構造の変形挙動の研究, 第 54 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/26/2011, ハートピア京都.
 18. 谷山弘行, 向井夏彦, 西川幸宏, 高橋雅興, X 線 CT によるカーボンナノファイバー添加ポリマーブレンドの相分離ダイナミクスの解析, 第 54 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/26/2011, ハートピア京都.
 19. 浜田敏彰, 樋口桂, 西川幸宏, 高橋雅興, 板倉雅彦, セルローズファイバー分散 PP コンポジットの 3 次元構造とレオロジー, 第 58 回レオロジー討論会, 10/6/2011, 仙台国際センター (仙台市青葉区青山台).
 20. 畠山裕康, 栗原卓也, 西川幸宏, 高橋雅興, PS/PMMA 共連続構造の変形: X 線 CT による 3D 観察とレオロジー, 第 58 回レオロジー討論会, 10/6/2011, 仙台国際センター (仙台市青葉区青山台).
 21. 根崎孝介, 西川幸宏, 高橋雅興, イオン液体を用いた単層カーボンナノチューブの高分子への分散とレオロジー, 第 58 回レオロジー討論会, 10/6/2011, 仙台国際センター (仙台市青葉区青山台).
 22. Yukihiro Nishikawa, Three-dimensional Imaging of Phase-separated Structures in Binary and Ternary Polymer Blends by X-ray Computerized Tomography, One-Day International Symposium on Computer Simulation in Polymeric Systems, 8/31/2011, 京都工芸繊維大学 総合研究棟 4F 多目的室.
 23. 栗原卓也・西川幸宏・高橋雅興・(住友ゴム)多田俊生, 形状の異なる CB 充填 SBR の構造・粘弾性・導電性及び伸長挙動の比較, 第 59 回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 24. 武村健太・西川幸宏・高橋雅興・(電気化学工業)下木場裕一, 高分子ブレンドを用いたアルミナ粒子の分散制御—共連続構造における局在と X 線 CT による三次元構造観察, 第 59 回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 25. 小升雄一朗・西川幸宏・高橋雅興, 高分子ブレンド/カーボンファイバーコンポジットにおけるファイバーの分散制

- 御と導電性・粘弾性-X線CTによる3次元構造観察, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
26. 向井 夏彦・西川幸宏・高橋 雅興, 高分子ブレンドの共連続構造を利用したカーボンナノファイバーのネットワーク形成と構造観察, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 27. 浜田 敏彰・樋口 桂・西川幸宏・高橋雅興・(ダイセルポリマー)板倉 雅彦, セルロースファイバー分散高分子の三次元構造とレオロジー, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 28. 飯塚 峻吾・西川幸宏・高橋 雅興, X線CTによる三成分高分子ブレンドのモルフロジーの研究, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 29. 谷山 弘行・向井夏彦・西川幸宏・高橋 雅興, カーボンナノファイバー添加ポリマーブレンド系の相分離ダイナミクスのX線CTによる解析, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 30. 太田 直秀・小升 雄一郎・西川幸宏・高橋 雅興, 繊維複合高分子材料の動的粘弾性挙動とX線CTによる繊維配向評価, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 31. 根崎 孝介・西川幸宏・高橋 雅興, イオン液体を用いた単層カーボンナノチューブの高分子への分散: 構造、粘弾性、導電性, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 32. 西川幸宏・飯塚 峻吾・高橋 雅興, 三成分高分子ブレンドの相分離構造に対する高コントラストX線CTの応用, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 33. 畠山 裕康・栗原 卓也・西川幸宏・高橋 雅興, X線CTによるPS/PMMA系共連続構造の変形挙動の研究-定常せん断流動-, 第59回高分子討論会, 9/16/2011, 北海道大学高等教育機能開発総合センター.
 34. 西川幸宏, ポリマーサイエンスにおいて高コントラストX線CTはどこまで使えるか?, 第28回高分子表面研究会講座, 7/2/2010, 東京理科大学 森戸記念館.
 35. 太田 直秀, 小升 雄一郎, 西川幸宏, 高橋 雅興, X線CTによる複合材料の繊維配向評価及び力学物性との相関, 第21回プラスチック成型加工学会年次大会, 6/1/2010, タワーホール船堀.
 36. 西川幸宏, 畑中 雄介, 太田 直秀, 高橋 雅興, 複合材料の3次元構造観察における高コントラストX線CTの応用, 第21回プラスチック成型加工学会年次大会, 6/2/2010, タワーホール船堀.
 37. 高橋 雅興, 西川幸宏, 向井 夏彦, 石川 隆士, 高性能電波吸収体: カーボンナノファイバーのネットワーク形成法, 第21回プラスチック成型加工学会年次大会, 6/1/2010, タワーホール船堀.
 38. 太田 直秀, 小升 雄一郎, 西川幸宏, 高橋 雅興, X線CT及び粘弾性測定による繊維複合材料の繊維配向と力学物性の相関に関する研究, 第59回高分子年会, 5/27/2010, パシフィコ横浜.
 39. 飯塚 峻吾, 畑中 雄介, 西川幸宏, 高橋 雅興, 高分子材料に向けた高コントラストX線CTの開発, 第59回高分子年会, 5/27/2010, パシフィコ横浜.
 40. 谷山 弘行, 向井 夏彦, 西川幸宏, 高橋 雅興, X線CTによる相分離ダイナミクスの解析-VGCF添加PS/PMMAブレンド, 第59回高分子年会, 5/27/2010, パシフィコ横浜.
 41. 根崎 孝介, 永田 真悟, 西川幸宏, 高橋 雅興, 売層カーボンナノチューブ/イオン液体/ポリマーコンポジットの構造、動的粘弾性、導電性, 第59回高分子年会, 5/27/2010, パシフィコ横浜.
 42. 太田直秀, 小升雄一郎, 西川幸宏, 高橋 雅興, X線CTを用いた繊維複合材料における繊維配向の3次元観察と粘弾性の相関, 第37回レオロジー学会年会, 5/12/2010, 東京大学生産技術研究所.
 43. 浜田敏彰, 樋口桂, 西川幸宏, 高橋雅興, 板倉雅彦, PP/セルロース繊維コンポジット: 粘弾性、伸張挙動及びX線CTを用いた三次元構造観察, 第37回レオロジー学会年会, 5/12/2010, 東京大学生産技術研究所.
 44. 畠山裕康, 栗原卓也, 西川幸宏, 高橋雅興, 共連続構造を有するPS/PMMAブレンドのクリープ挙動及びX線CTを用いた三次元構造観察, 第37回レオロジー学会年会, 5/12/2010, 東京大学生産技術研究所.
 45. 西川幸宏, 畑中雄介, 太田直秀, 高橋雅興, 高分子ブレンド及び高分子複合材料における高コントラストX線CTの応用, 第37回レオロジー学会年会, 5/13/2010, 東京大学生産技術研究所.
 46. 高橋雅興, 西川幸宏, 向井夏彦, 石川隆士, 高分子中のカーボンナノファイバーのネットワーク形成とコンポジットの構造・粘弾性・導電性, 第37回レオロジー学会年会, 5/13/2010, 東京大学生産技術研究所.
 47. 武村健太・西川幸宏・高橋雅興・下木場裕一(電気化学工業), 共連続構造を示すポリマーブレンドに偏在したアルミナ粒子の三次元構造とレオロジー, 第52回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/20/2009, 京大会館.
 48. 小升雄一郎・西川幸宏・高橋雅興, 高分子コンポジットにおけるカーボンファイバーの3次元構造観察と粘弾性・導電性, 第52回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/20/2009, 京大会館.
 49. 栗原卓也・永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, 房状カーボンブラック充填SBRの構造と粘弾性・導電性, 第52回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/19/2009,

- 京大会館.
50. 高橋雅興・西川幸宏・向井夏彦・石川隆士, 高分子鎖とナノカーボンの相互作用に基づく構造制御と機能発現, 第 52 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/19/2009, 京大会館.
 51. 永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, DNA-SWCNT-ポリカチオンコンプレックスの創製と AFM による構造観察, 第 52 回日本学術会議材料工学連合講演会, 10/19/2009, 京大会館.
 52. 永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, DNA-単層カーボンナノチューブ-脂質コンプレックスの創製と AFM 観察, 第 57 回レオロジー討論会, 10/5/2009, 宇部全日空ホテル.
 53. 栗原卓也・永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, 住友ゴム 多田俊生, SBR/房状カーボンブラックの粘弾性: SBR 鎖の吸着効果, 第 57 回レオロジー討論会, 10/5/2009, 宇部全日空ホテル.
 54. 向井夏彦・西川幸宏・高橋雅興, 共連続構造と高分子鎖の吸着を利用した 3 成分高分子ブレンド中のナノ・カーボンファイバーのネットワーク形成, 第 57 回レオロジー討論会, 10/5/2009, 宇部全日空ホテル.
 55. 武村健太・西川幸宏・高橋雅興, 電気化学工業 下木場裕一, PS/PMMA ブレンドの共連続構造を利用したアルミナ粒子の分散制御: X 線 CT による三次元構造観察と粘弾性, 第 57 回レオロジー討論会, 10/5/2009, 宇部全日空ホテル.
 56. 西川幸宏・小升雄一郎・高橋雅興, X 線 CT による高分子コンポジットにおける繊維状フィラーの配向評価, 第 57 回レオロジー討論会, 10/5/2009, 宇部全日空ホテル.
 57. 栗原卓也・永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, 房状カーボンブラック充填 SBR の構造・粘弾性・導電性及び伸長挙動, 第 58 回高分子討論会, 9/18/2009, 熊本大学.
 58. 向井夏彦・西川幸宏・高橋雅興, ブレンドの共連続構造と高分子鎖の選択的吸着を利用したナノカーボン・ファイバーのネットワーク形成, 第 58 回高分子討論会, 9/17/2009, 熊本大学.
 59. 永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, DNA-SWCNT-ポリカチオンコンプレックス: 創製, AFM 観察及びフィルムの粘弾性, 第 58 回高分子討論会, 9/17/2009, 熊本大学.
 60. 高橋雅興・石川隆士・向井夏彦・西川幸宏, 屈曲性高分子鎖の選択的吸着によるナノカーボンファイバーの効率的ネットワーク形成-コンポジットの粘弾性・導電性・電磁波吸収に及ぼす吸着高分子の分子量の影響, 第 58 回高分子討論会, 9/17/2009, 熊本大学.
 61. 小升雄一郎・西川幸宏・高橋雅興, X 線 CT で解明する高分子材料の 3 次元構造と物性の相関-3. 共連続構造を利用したカーボンファイバーの配向制御, 第 58 回高分子討論会, 9/16/2009, 熊本大学.
 62. 高橋雅興・西川幸宏・永田真悟・向井夏彦・栗原卓也, 高分子鎖とナノカーボンの相互作用に基づく凝集構造と機能発現-DNA/SWCNT および屈曲性鎖のナノカーボンへの選択的吸着, 第 58 回高分子討論会, 9/16/2009, 熊本大学.
 63. 武村健太・西川幸宏・高橋雅興, 電気化学工業 下木場裕一, X 線 CT で解明する高分子材料の三次元構造と物性の相関-2. 共連続構造を利用したアルミナのネットワーク形成, 第 58 回高分子討論会, 9/16/2009, 熊本大学.
 64. 西川幸宏・向井夏彦・武村健太・高橋雅興, X 線 CT で解明する高分子材料の三次元構造と物性の相関-1. 高コントラスト X 線 CT の開発と高分子系への応用, 第 58 回高分子討論会, 9/16/2009, 熊本大学.
 65. 西川幸宏, X 線 CT によるコンポジット材料中のフィラーの配向解析, 高分子加工技術研究会 第 71 回例会, 9/11/2009, 京都工芸繊維大学.
 66. Yukihiro Nishikawa, Natsuhiko Mukai, Kenta Takemura, Masaaki Takahashi, and Sueki Baba, High-contrast X-ray microscope optimized for polymer blends, *Frontiers in Polymer Science*, 6/9/2009, Congress Centre Mainz, Germany.
 67. 栗原卓也・永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, カーボンブラック充填 SBR の構造・粘弾性・導電性及び伸長挙動, 第 36 回レオロジー学会年会, 5/14/2009, 京大会館.
 68. 武村健太・西川幸宏・高橋雅興, 下木場祐一, PS/PMMA/アルミナコンポジット: X 線 CT によるダブルネットワークの 3 次元構造観察と粘弾性挙動, 第 36 回レオロジー学会年会, 5/14/2009, 京大会館.
 69. 向井夏彦・堂本高士・西川幸宏・高橋雅興, 共連続構造を持つ PS/PMMA ブレンド中のナノ・カーボンファイバーの分散状態とコンポジットの粘弾性および導電性, 第 36 回レオロジー学会年会, 5/14/2009, 京大会館.
 70. 堂本高士・西川幸宏・高橋雅興, 岡田拓也, PMMA/アセチレンブラック (AB) における AB への PMMA 鎖の吸着と粘弾性及び導電性パーコレーション: PMMA の分子量の影響, 第 36 回レオロジー学会年会, 5/15/2009, 京大会館.
 71. 永田真悟・西川幸宏・高橋雅興, DNA-SWCNT-ポリカチオンコンプレックスの動的粘弾性と AFM による構造観察, 第 36 回レオロジー学会年会, 5/15/2009, 京大会館.
6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 西川 幸宏 (NISHIKAWA YUKIHIRO)
 京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・助教
 研究者番号: 60332285

(2) 研究分担者 ()

研究者番号 :

(3) 連携研究者 ()

研究者番号 :