

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05513

研究課題名(和文) 高分子発泡体のセル構造不均一性と力学物性の関係

研究課題名(英文) Relation between Structural Heterogeneity of Cellular Structures and Mechanical Properties of Polymer Foams

研究代表者

畝山 多加志 (Uneyama, Takashi)

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：10524720

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：高分子発泡体は高分子中(マトリックス)に気体の孔が分散したセル構造を持つ物質であり、軽量性やエネルギー吸収特性に優れる。高分子発泡体の物性は発泡の程度に強く影響していることが知られているが、発泡の程度だけでなく孔やセル構造の不均一性も物性に影響する因子である。本研究では不均一なセル構造を持つ高分子発泡体を系統的に作成し、その力学的性質を圧縮試験から調べるとともに、不均一なセル構造を顕微鏡観察と画像解析によって定量的に解析した。セルの大変形における強さの指標としてセル強度パラメータを導入し、セル強度パラメータの不均一性と圧縮試験による応力ひずみ曲線を反定量的に関係づける事に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子発泡体は種々の用途に利用されている材料であるが、あまり発泡をしていない高分子発泡体の物性が何に支配されているかはこれまで十分には理解されていなかった。本研究により、発泡の程度に加えてセル構造の不均一性が高分子発泡体の力学物性に影響を与えることが明らかになった。さらに、顕微鏡でセル構造を測定することで力学挙動をある程度予測することもできるようになった。このような知見は特定の用途に最適化した高分子発泡体を作成したり、作成した高分子発泡体がどれだけのエネルギーを吸収できるかを知りたい場合に有用であると期待される。

研究成果の概要(英文)：Polymer foams have cellular structures which consist of solid polymer matrices and dispersed gas pores. Polymer foams exhibit good energy absorption property while they are light. The properties of polymer foams are known to strongly depend on the degree of foaming. But in addition to the degree of foaming, the properties can depend on the heterogeneity of the cellular structures. In this work, we prepared series of polymer foams with different heterogeneous cellular structures. We measured both the mechanical properties of these foams by the compression tests, and the cellular structures by microscope observations and image analyses. We introduced the cell strength parameter to characterize the strength of a cell against the compression. We showed that the heterogeneity of the cell strength parameter can be semi-quantitatively related to the stress-strain curve obtained by a direct compression test.

研究分野：高分子物理、ソフトマター物理、レオロジー

キーワード：高分子発泡体 セル構造 圧縮 力学試験 不均一構造 画像解析

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

高分子発泡体は高分子をマトリックスとし、内部に気体の孔が分散した構造を持つ材料である。高分子発泡体は軽量性、耐衝撃性、エネルギー吸収性、断熱性に優れ、クッション材や複合材料のコア材として幅広く用いられている。高分子発泡体の優れた物性はマトリックスの高分子の物性だけでなく、気体の孔を含む「セル構造」に強く依存していることが知られており、同一の高分子からなる発泡体でも発泡の程度を変化させることで物性をコントロールすることが可能である。

多くの場合、高分子発泡体は十分によく発泡した、気体の分率の高い状態で用いられるこのような発泡体は非常に軽量でエネルギー吸収特性や断熱性に優れたものとなる。またよく発泡した発泡体の物性は発泡体の標準的理論であるGibson-Ashby理論により記述されることがわかっている。しかしながら、よく発泡した発泡体は弾性率や強度が著しく低下し、構造材料のような力のかかる用途への適用は不向きである。軽量性やエネルギー吸収と弾性率や強度はいわばトレードオフの関係にあり、同時に全ての物性を優れたものにすることはできない。もし発泡の程度をうまく調整できれば、適度な発泡に抑えることで軽量性・エネルギー吸収性や弾性率・強度等をコントロールしバランスのとれた材料とできるものと期待される。ただし、まだ発泡の程度を抑えた高分子発泡体についての研究報告は少なく、その物性は十分にはわかっていなかった。

本研究の開始前に、中程度に発泡した低密度ポリエチレン発泡体の圧縮特性を詳細に調べたところ、よく発泡した発泡体の圧縮特性とは異なる挙動を示すことがわかった。これは中程度に発泡した高分子発泡体の力学物性は発泡の程度以外の因子が物性に関わっていることを意味する。構造観察の結果、セル構造が著しく不均一なものとなっており、この「不均一性」が発泡体の力学物性に大きく影響していることが推測された。

### 2. 研究の目的

本研究では「セル構造の不均一性」に着目し、中程度に発泡した高分子発泡体のセル構造と力学物性の関係の解明を行うことを目的とした。各種実験的手法と粗視化モデルやシミュレーションといった理論的手法を組み合わせることで、複合的に高分子発泡体の力学物性を調べるために研究を行なった。

まず、モデル系として、利用する高分子の種類や発泡の程度、セルの大きさ等を系統的にコントロールした高分子発泡体を作成する。作成した高分子発泡体に対して、顕微鏡観察と画像解析を用いてセル構造の不均一性の定量的評価を行う。また、一軸圧縮試験、一軸延伸試験、曲げ試験等のさまざまな力学試験から力学物性データを得る。これらのデータに加え、粗視化シミュレーション等のデータを含めて多面的に検討することで中程度に発泡した高分子発泡体における構造と物性の関係を明らかとする。例えば実験的に得られたセル構造の不均一性のデータを入力とし、力学物性のデータを出力とするシミュレーションを行う。

既に述べたように、よく発泡した発泡体の物性はGibson-Ashby理論で記述することができるが、中程度に発泡した発泡体に対してはGibson-Ashby理論を直接適用することは難しい。本研究ではGibson-Ashby理論に対する理論的な拡張し、セル構造の不均一性と力学物性の関係を統合的に理解しモデル化することを目指した。さらに、高分子発泡体に限らずより広い系にも適用できる不均一性と力学物性の関係を与える理論の構築も試みることにした。

### 3. 研究の方法

研究はセル構造の異なる種々の高分子発泡体を系統的に作成し、それについて各種測定を行なうことを中心に実施した。得られた高分子発泡体に対して高精度な光学顕微鏡観察と画像解析を行うことで、セル構造中の孔のサイズや壁の厚さの分布といった、セル構造の不均一性を特徴付ける各種パラメータを測定した。また、高分子発泡体に対して一軸圧縮試験をはじめとする各種力学試験を行うことで、力学特性を調べた。セル構造と力学特性について実験的に得られた知見に基づき、セル構造の不均一性を入力として取り込めるよ

うな粗視化モデルを構築し、構造と物性の相関を調べた。

(1) 不均一性の異なる高分子発泡体の作成: マトリックス部分の高分子の種類と発泡の程度を系統的に変化した高分子発泡体の作成を行った。マトリックスとして低密度ポリエチレン (LDPE) を用いた。発泡は手法の確立されている化学発泡剤を用いた方法で行なった。発泡剤粒子の大きさを系統的に調節することで、発泡の程度やセルのサイズ・形状を変化させ、

- マトリックス部分の物性
- セル構造の大きさ・不均一性

の異なる高分子発泡体を作成した。

(2) 高分子発泡体の構造の測定: 作成した高分子発泡体に対して、セル構造の測定と圧縮特性の測定を行なった。まず、高分子発泡体から構造測定用の試験片を切り出し、断面の孔のみを選択的に染色することでセル構造を観測できるようにした。試験片を光学顕微鏡で測定することで、孔の部分と高分子を識別できる画像を得た。得られた画像データに対して、画像解析プログラムを自作し、不均一なセル構造を定量的に解析した。特に、発泡体の圧縮特性に強く関係しているセル半径の分布関数を高精度に求めた。

(3) 高分子発泡体の圧縮試験: 高分子発泡体に対して種々の力学試験を行うことで力学物性を調べた。発泡体の力学物性を特徴づけるにはデータの蓄積が多く既存の知見との比較の容易な一軸圧縮試験が適している。そこで、本研究においても従来の研究と同様に圧縮試験を用いて力学物性を調べた。正形状の試験片を切り出し、万能試験機にて圧縮ひずみを印加し、圧縮応力-ひずみ曲線を測定して解析を行なった。発泡体は圧縮が進むとセル構造が座屈変形する「崩壊」が生じることがわかっており、崩壊挙動はセル構造の情報をよく反映しているものと考えられる。そこで、本研究では特に崩壊挙動に着目した解析を行なった。

(4) セル構造と力学物性の関係の粗視化モデリング: (2), (3) の実験結果を用いて高分子発泡体のセル構造の不均一性と力学物性の関係を調べるため、粗視化モデリングを行なった。本研究で用いた高分子発泡体はセル構造が不均一であるが、顕微鏡測定で得られた構造の不均一性と圧縮特性とを結びつけるために、どのような物理量・パラメータに着目すればよいのかを考察し、構造と圧縮特性を関連付けるためのモデルを構築した。また、不均一性に着目したモデリングをより一般的な概念へと発展させ、不均一構造のダイナミクスのモデル化も試みた。

#### 4. 研究成果

(1) LDPE 発泡体のセル構造の不均一性の調整定量化: LDPE 発泡体の発泡の程度とセル構造の不均一性をそれぞれ制御して調整することができる手法を開発した。化学発泡法ではベース高分子 (LDPE) と高温で分解してガスを発生する発泡剤を混合し、高温環境下に置くことで発泡を行なう。発泡の程度を表す指標として相対密度 (未発泡の高分子に対する高分子発泡体の密度の比) を用いると、相対密度は発泡剤の分率によって調整できることがわかっている。

本研究では、化学発泡剤である *p,p'*-オキシビスベンゼンスルホニルヒドラジド (OBSh) の粒子径を変えることで発泡体のセル構造の不均一性を制御する方法を確立した。粉末状の OBSh をメタノールに溶解・再結晶することで、粗大な OBSh 粒子とした。OBSh の粉末は小さな孔を、粗大結晶は大きな孔を形成する。そこで、粉末と粗大結晶の分率を変化させることで、小さ

な孔と大きな孔の割合を調節した。粉末と粗大結晶の割合と全てのOBSHの分率を調整することで、相対密度とセル構造の不均一性を系統的に変化させたLDPE 発泡体を得ることが可能となった。図1に構造のセル不均一性を变化させたLDPE発泡体の顕微鏡像の例を示す。このような構造を系統的に制御した高分子発泡体は種々の物性を調べるためのモデル高分子発泡体として利用することができる。

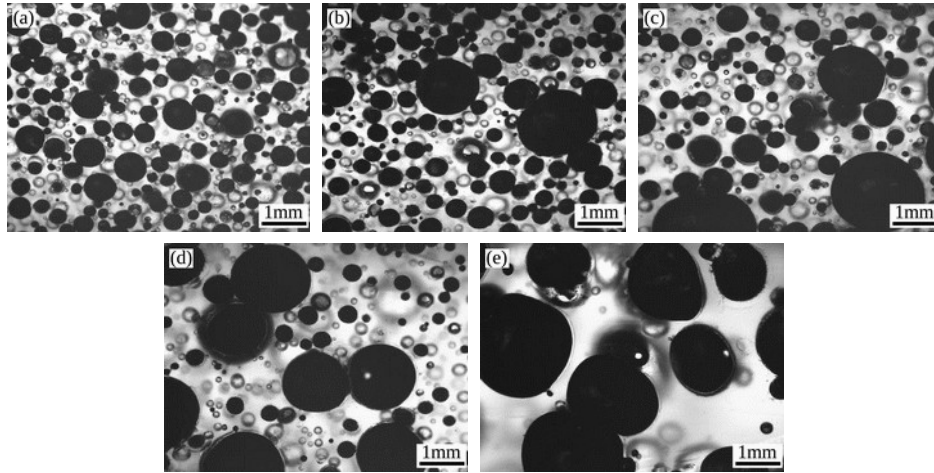


図1: 相対密度が同一でセルの不均一性の異なる種々の LDPE 発泡体の顕微鏡写真。発泡体断面の孔を黒く染色している。発泡剤のうち、大きな孔を形成する粗大結晶の重量分率を (a) 0, (b) 0.2, (c) 0.5, (d) 0.8, (e) 1 と変化させている。(a)(e) はセル構造が均一に近いが、(b)-(d) ではセル構造に強い不均一性が見られる。

(2) セル構造の不均一性と圧縮特性の関係: 相対密度とセル構造の不均一性を系統的に変化させた LDPE 発泡体に対して顕微鏡測定と画像解析を組み合わせることでセル構造の不均一性を定量的に調べた。多量の顕微鏡像からセル構造の情報を抽出するため、新たに画像解析プログラムを自作し、孔の半径の分布関数を定量的に求めた。さらに、あるセルの崩壊に対する強度を示す指標として「セル強度パラメータ」を導入し、セル強度パラメータ分布関数を求めた。セル強度パラメータは圧縮時の崩壊に対する強さの指標であり、セル強度パラメータ分布は圧縮時の崩壊を支配するセル強度パラメータ分布はOBSH粉末のみ、あるいは粗大結晶のみで調整した発泡体においては単峰性の分布であり、粉末と粗大結晶を混合した発泡体においては二峰性の分布となっていることがわかった。

圧縮挙動を調べるため、相対密度とセル構造の不均一性を系統的に変化させた LDPE 発泡体に対して圧縮応力-ひずみ曲線を測定した。得られた応力-ひずみ曲線は大雑把には相対密度によって挙動が決まるが、詳細に解析を行なったところ、崩壊挙動がセル構造の不均一性と強く関連していることがわかった。そこで、崩壊挙動の違いを定量的に調べるため、「崩壊係数」としてセル崩壊領域における応力-ひずみ曲線の傾きを導入した。崩壊係数は OBSH 粉末のみ、あるいは粗大結晶のみの発泡体では小さく、粉末と粗大結晶を混合した発泡体では大きくなることを示した。図 2 に示すように、崩壊係数と顕微鏡測定から得られたセル強度パラメータの分布の標準偏差との間に相関が見られた。

以上から、セル構造の不均一性と圧縮挙動が関連していることが明らかとなった。セル構造の不均一性がセル強度パラメータ分布でよく記述できることから、セル強度パラメータ分布を用いて圧縮応力-ひずみ曲線を再構成することを試みた。セル強度パラメータ分布はいくつかのパラメータを導入して圧縮ひずみ-応力曲線と関係づけることができる。必要なパラメータを圧縮試

験から得られる弾性率等のデータと整合するように決めたとこ、セルの崩壊領域までの応力-ひずみ曲線の形状を半定量的に再現することができた。これにより、顕微鏡によるセル構造の測定データから圧縮挙動を予測したり、目的とする圧縮挙動を示すためのセル強度分布関数の形状のデザインを行なうといったことができるようになった。

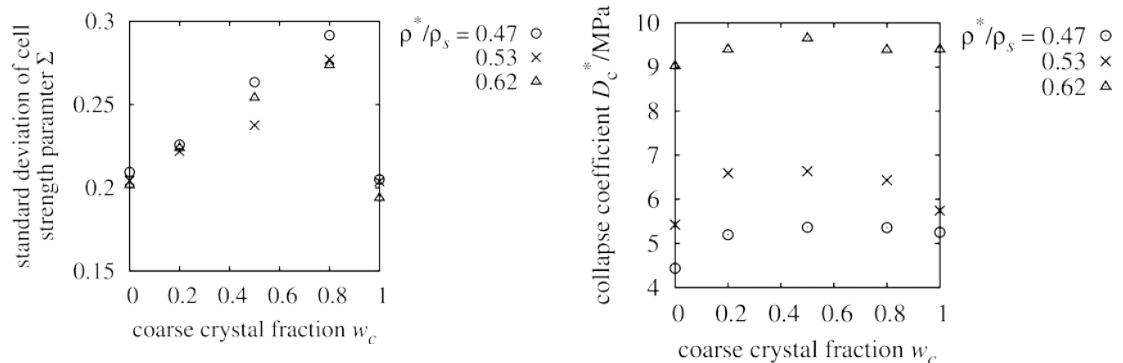


図2: 相対密度 0.47, 0.53, 0.62 で OBSH の粉末と粗大結晶の割合を変えた LDPE 発泡体の (左) 顕微鏡観察から求めたセル強度パラメータ分布の標準偏差、(右) 圧縮試験から求めた崩壊係数。

(3) 不均一構造のダイナミクスモデル化: 高分子発泡体のセル構造不均一性と圧縮特性の関係から、より一般に、材料の持つ不均一性が各種物性に影響を与えていることが考えられる。高分子発泡体の場合には静的な構造が不均一となっていたが、物質によっては動的な構造が不均一となっているようなものもある。

例えば、過冷却液体中では運動性が時間・場所によって不均一にゆらぐ動的不均一性が発現していることが広く認識されている。このような不均一な動的構造を持つ系をモデル化するため、構造の不均一性の考え方や既存の運動モデルをもとに、新たな粗視化モデル (過渡結合モデル) を開発した。過渡結合モデルでは系を構成する要素間の結合が動的に変化するものとし (過渡結合と呼ぶ)、要素の運動は過渡結合のもつ不均一性に強く影響される。過渡結合モデルによって大幅な粗視化を行ないつつも不均一なダイナミクスを再現することに成功した。

また、過渡結合モデルとは異なり、運動性がゆらぐというゆらぐ拡散係数モデルについてもモデル化と理論解析を行った。ゆらぐ拡散係数モデルも過渡結合モデル同様に大幅に粗視化されたモデルである。過渡結合モデルと同様に不均一なダイナミクスを再現することに成功しただけでなく、適当な条件下では緩和関数等の一般公式等を得ることに成功している。これらの成果は今後さまざまな系の動的挙動のモデル化や解析に利用できるものと期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masubuchi Yuichi、Uneyama Takashi	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparison among multi-chain models for entangled polymer dynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 5986 ~ 5994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8SM00948A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Uneyama Takashi	4. 巻 150
2. 論文標題 A transient bond model for dynamic constraints in meso-scale coarse-grained systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 024901-[1--16]
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5062495	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Uneyama Takashi、Yamazaki Tatsuya、Igarashi Toshio、Nitta Koh-hei	4. 巻 59
2. 論文標題 Effect of pore size distribution on compressive behavior of moderately expanded low-density polyethylene foams	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer Engineering & Science	6. 最初と最後の頁 510 ~ 518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pen.24958	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Uneyama Takashi、Miyaguchi Tomoshige、Akimoto Takuma	4. 巻 99
2. 論文標題 Relaxation functions of the Ornstein-Uhlenbeck process with fluctuating diffusivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 032127-[1--13]
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.99.032127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirayama Takaya, Uneyama Takashi, Masubuchi Yuichi	4. 巻 58
2. 論文標題 Characterization of critical gel state of polyamides by viscoelastic, thermal, and IR measurements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rheologica Acta	6. 最初と最後の頁 281 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00397-019-01136-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 UNEYAMA Takashi	4. 巻 76
2. 論文標題 A Self-Consistent Field Theory Based on a Soft-Dumbbell Model for Symmetric Diblock Copolymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 KOBUNSHI RONBUNSHU	6. 最初と最後の頁 44 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1295/koron.2018-0035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuri Nishiwaki-Akine, Sui Kanazawa, Takashi Uneyama, Koh-hei Nitta, Ryoko Yamamoto-Ikemoto, and Takashi Watanabe	4. 巻 5
2. 論文標題 Transparent Woody Film Made by Dissolution of Finely Divided Japanese Beech in Formic Acid at Room Temperature	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chem. Eng.	6. 最初と最後の頁 11536-11542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.7b02839	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yuichi Masubuchi, Ankita Pandey, Yoshifumi Amamoto, and Takashi Uneyama	4. 巻 147
2. 論文標題 Orientational cross correlations between entangled branch polymers in primitive chain network simulations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 184903-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5001960	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 畝山多加志	4. 巻 66
2. 論文標題 コンピュータを使った高分子の見方：何が出来るか、どうするか	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 547-548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 畝山多加志	4. 巻 45
2. 論文標題 高分子系ダイナミクスのメソスケール構造粗視化モデルの構築	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本レオロジー学会誌	6. 最初と最後の頁 217-223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1678/rheology.45.217	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyaguchi Tomoshige, Uneyama Takashi, Akimoto Takuma	4. 巻 100
2. 論文標題 Brownian motion with alternately fluctuating diffusivity: Stretched-exponential and power-law relaxation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 012116-[1--13]
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.100.012116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uneyama Takashi, Nakai Fumiaki, Masubuchi Yuichi	4. 巻 47
2. 論文標題 Effect of Inertia on Linear Viscoelasticity of Harmonic Dumbbell Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nihon Reoroji Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 143 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1678/rheology.47.143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Uneyama Takashi	4. 巻 101
2. 論文標題 Coarse-graining of microscopic dynamics into a mesoscopic transient potential model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 032106-[1--18]
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.101.032106	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Takashi Uneyama and Koh-hei Nitta
2. 発表標題 Rheological Behavior of Partially Melted High-Density Polyethylene near Melting Point
3. 学会等名 The 7th Pacific Rim Conference on Rheology (PRCR 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 会合性テレケリック高分子水溶液のレオロジーとダイナミクス
3. 学会等名 第165回東海高分子研究会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Modeling Viscoelasticity by Mesoscopic Coarse-Grained Models with Transient Bonds
2. 発表標題 Takashi Uneyama and Yuichi Masubuchi
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (4DMS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡的結合の導入による多粒子系のダイナミクスとレオロジーのシミュレーション
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡的結合を取り入れた高レベル粗視化シミュレーションモデルの性質
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 運動性のゆらぐ系における緩和関数の解析
3. 学会等名 第66回レオロジー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志, 増淵雄一
2. 発表標題 からみあい高分子系の高レベル粗視化シミュレーションモデルの比較
3. 学会等名 第30回高分子加工技術討論会記念大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 高分子鎖の運動性のゆらぎの緩和への影響
3. 学会等名 高分子基礎研究会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Uneyama
2. 発表標題 Fluctuation of Diffusion Coefficient in Coarse-Grained Models of Entangled Polymers
3. 学会等名 Soft Matter Physics: from the perspective of the essential heterogeneity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡的結合のある高分子系における拡散挙動の解析
3. 学会等名 2018年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会合同討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 高分子の粗視化シミュレーション
3. 学会等名 高分子学会東海支部 2018東海シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Uneyama
2. 発表標題 Mesoscopic coarse-grained simulation models for entangled polymers with transient objects
3. 学会等名 Computational Sciences Workshop 2019 (CSW2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡的結合を持つ多粒子系の拡散の不均一性
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 分子系ダイナミクスのメソスケール構造粗視化モデルの構築
3. 学会等名 日本レオロジー学会第 44 年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 畝山多加志, 菊岡智諭, 新田晃平
2. 発表標題 突き刺し変形下における高分子フィルムの形状と力学挙動の解析
3. 学会等名 第65回レオロジー討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 畝山多加志, 新田晃平
2. 発表標題 融点近傍の高密度ポリエチレンのネットワーク構造とレオロジーの温度依存性
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Uneyama
2. 発表標題 Coarse-grained modeling and statistical mechanical analysis of entangled polymers
3. 学会等名 Bridging the Scales in Soft Matter Simulations
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Uneyama, T. Yamazaki, T. Igarashi and K. Nitta
2. 発表標題 Effect of Cellular Structure on Compressive Behavior of Moderately Expanded Low Density Polyethylene (LDPE) Foams
3. 学会等名 The XVIIth International Congress on Rheology (ICR2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Uneyama, S. Tatsuta, T. Igarashi and K. Nitta
2. 発表標題 Bending Behavior of Moderately Expanded Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Foams with Different Relative Densities
3. 学会等名 The XVIIth International Congress on Rheology (ICR2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 畝山 多加志, 室谷 佳奈, 新田 晃平
2. 発表標題 イソタクチックポリプロピレンの熱収縮挙動のモデル化
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 高分子ダイナミクスのメソスケール粗視化シミュレーション
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 高分子溶融体・濃厚溶液の構造とダイナミクス
3. 学会等名 19-1 高分子学会講演会「高分子のダイナミクスとその分子メカニズム」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡ポテンシャルを用いた高分子系の粗視化記述理論の考察
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志, 宮口智成, 秋元琢磨
2. 発表標題 拡散係数がゆるぐOrnstein-Uhlenbeck過程における緩和挙動の解析
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志, 仲井文明, 増淵雄一
2. 発表標題 ダンベルモデルとRouseモデルの線形粘弾性に対する慣性の影響
3. 学会等名 第67回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Uneyama
2. 発表標題 A highly coarse-grained model for dynamics of entangled polymers using transient bonds
3. 学会等名 The 91st Annual Meeting of The Society of Rheology
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 高分子レオロジーの粗視化分子モデル
3. 学会等名 関東高分子若手研究会2019 秋の講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡結合モデルにおける不均一なダイナミクス
3. 学会等名 第9回ソフトマター研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畝山多加志
2. 発表標題 過渡ポテンシャルとゆらぐ拡散係数を用いた高分子系の粗視化方法
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 畝山多加志	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 6
3. 書名 “流体・流動解析事例集 -高分子成形加工、塗料・コーティング、化粧品・食品など-” 第1章第2節, “高分子材料の分子モデルによる流動特性のシミュレーション”	

1. 著者名 畝山多加志	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東京化学同人	5. 総ページ数 5
3. 書名 “基礎高分子科学第2版”, 第10章3節”粗視化計算”	

〔産業財産権〕

〔その他〕



6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----