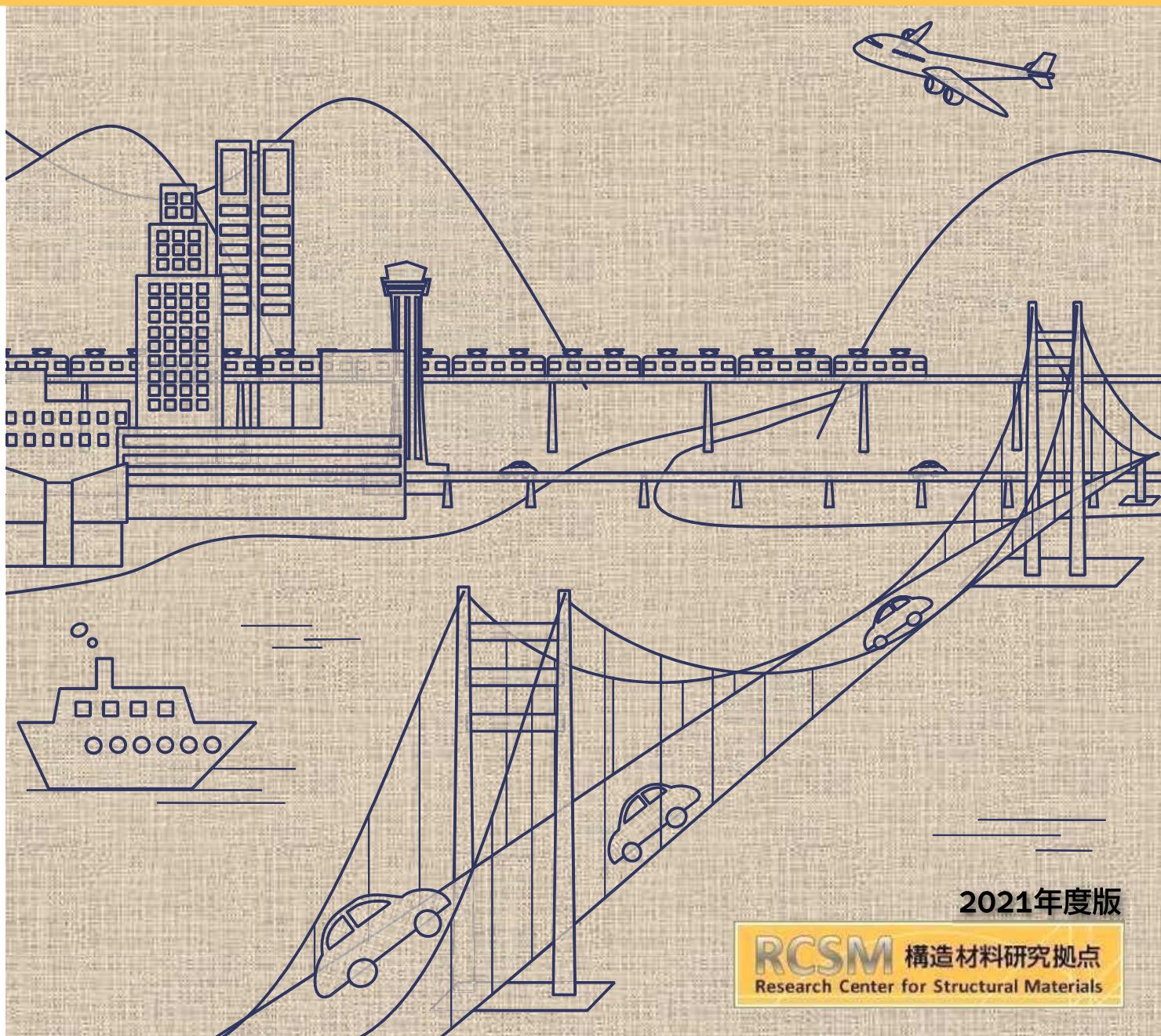




RCSM

構造材料研究拠点

Research Center for Structural Materials



2021年度版

RCSM 構造材料研究拠点
Research Center for Structural Materials

拠点長ご挨拶 Director's Greeting

構造材料研究拠点は2014年10月に設立された後、2016年4月からの第4期中長期計画では、インフラ構造材料、輸送機材料、エネルギー構造材料という出口分野と、材料信頼性、構造材料基盤技術、構造材料基礎科学という基礎・基盤分野の6つの研究分野に、構造材料データシート活動を加えた新体制での活動を開始しました。“構造材料つくばオープンプラザ(TOPAS)”や拠点シンポジウム、セミナー等を通じた情報発信や設備共用、人材育成活動、企業との組織連携や共同研究等に取り組み、鉄鋼MOP (Materials Open Platform) を構築する等、我が国における構造材料研究拠点としての機能充実化を目指すとともに、2018年4月には、外部連携を含めた研究活動を有機的に推進するための機動性向上を目的として、6研究分野から3研究分野への再編を行い、新体制での活動を開始いたしました。引き続き、構造材料研究拠点の体制及び機能の一層の充実化を図り、その成果を社会に還元することを目指してまいります。今後ともNIMS構造材料研究拠点の活動にご指導ご鞭撻を賜りますよう、宜しくお願ひ申し上げます。

As NIMS started a new mid-term plan for the next 7 years in April 2016, the Research Center for Structural Materials (RCSM), established in Oct. 2014, has commenced its activities under new program with six research fields covering fundamental and practical aspects of structural materials, and one platform to evaluate long term reliability of structural materials. The objective of RCSM is to be a national hub for research in structural materials through research collaboration, sharing of information, shared use of advanced research facilities, as well as development of human resources. In April 2018, the original six research fields in RCSM have been reorganized into three research fields with the intention of enhancing progress of research activity. We continue to be actively involved in enhancement of research capability and to strive to disseminate the results of the research to society. Your support and understanding are greatly appreciated.



組織 Organization

拠点長 : 木村一弘

Director, Kazuhiro KIMURA



拠点長 木村 一弘

Director, Kazuhiro KIMURA



副拠点長 大村 孝仁

Deputy Director, Takahito OHMURA Deputy Director, Hideki KATAYAMA



副拠点長 片山 英樹

Deputy Director, Hideki KATAYAMA

副拠点長 : 大村孝仁、片山英樹

Deputy Director:

Takahito OHMURA, Hideki KATAYAMA

上席研究員 : 田淵正明、下野昌人 村上秀之、大沼郁雄

Managing Researcher:

Masaaki TABUCHI, Masato SHIMONO,
Hideyuki MURAKAMI, Ikuo OHNUMA

独立研究者 : 土井康太郎

Independent Scientist: Kotaro DOI

物理冶金チーム

Physical Metallurgy Team

チームリーダー : 阿部英司

Team Leader: Eiji ABE

耐熱材料設計チーム

High Temperature Material Design Team

チームリーダー : 御手洗容子

Team Leader: Yoko MITARAI

運営室

Administrative Office

室長 : 岸本哲

Office Chief: Satoshi KISHIMOTO

インフラ構造材料パートナーシップ

NIMS Infrastructural Materials Partnership

事務局長 : 土谷浩一

Secretary General: Koichi TSUCHIYA

設計・創造分野

Design and

Producing Field

分野長 : 井上忠信

Field Director:

Tadanobu INOUE

振動制御材料G/超耐熱材料G/軽金属材料創製G/

塑性加工プロセスG/計算構造材料G

Vibration Control Materials G/

Superalloys and High Temperature Materials G/

Light-Weight Metallic Materials G/Plasticity Processing G/

Computational Structural Materials G

接合・造型分野

Bonding and

Manufacturing Field

分野長 : 渡邊誠

Field Director:

Makoto WATANABE

溶接・接合技術G/高分子系ハイブリッド複合材料G

積層スマート材料G/セラミックス基複合材料G/表面・接着科学G

構造用非酸化物セラミックスG

Welding and Joining Technology G/ Polymer Matrix Hybrid Composite Materials G/

Integrated Smart Materials G/

Ceramic Matrix Composites G/Surface and Adhesion Science G/

Structural Non-oxide Ceramics G

解析・評価分野

Analysis and

Evaluation Field

分野長 : 片山英樹

Field Director:

Hideki KATAYAMA

材料強度基準G/疲労特性G/環境疲労特性G/腐食特性G/

耐食材料G/鉄鋼材料G/高強度材料G/構造材料組織解析技術G

Materials Strength Standard and Technology G/

Fatigue Property G/Environmental Fatigue Property G/

Corrosion Property G/Corrosion and Protection G/Steel Research G/

High Strength Materials G/Microstructure Analysis Technology G

構造材料試験プラットフォーム

Structural Materials Testing Platform

プラットフォーム長 : 澤田浩太

Platform Director: Kota SAWADA

クリープG/疲労・腐食G

Creep Testing G/Fatigue and Corrosion Testing G

Design and Producing Field (Field Director: Tadanobu INOUE)

未踏領域への挑戦

▶ 従来の延長線上にない相反関係を打破する構造用金属材料の創出を目指します。

モノづくりへの貢献

▶ “創る・見る・調べる” という材料研究の中で、“創る” ことを主体とした研究を推進します。

社会への還元

▶ 実験科学と計算科学の強固な連携により、社会に順応した材料の研究開発を推進します。

We are striving to develop structural materials that overcome trade-offs such as strength-ductility, strength-toughness, etc, through a combination of experiments and numerical simulations.

振動制御材料グループ (澤口孝宏 GL)
Vibration Control Materials Group

塑性変形モード制御により制振・耐疲労・高強度合金を開発します。
Development of vibration-control / fatigue-resistant / high strength alloys via plastic deformation mode control



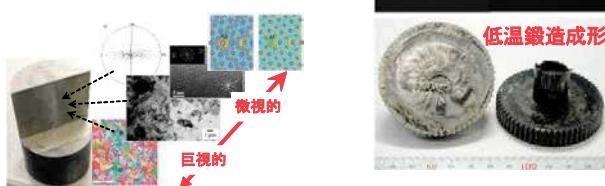
Other topics: 疲労過程の3D/4Dイメージング 3D/4D imaging of fatigue processes (F. Yoshinaka et al., FEMM 42 (2019) 2093-2105.) / 内部摩擦の微視組織の評価 Microstructural characterization of internal friction

軽金属材料創製グループ (染川英俊 GL)
Light-weight Metallic Materials Group

革新的非鉄軽量金属材料の創製 / Development of innovative Al and Mg alloys

実用金属で軽量な Al 合金や Mg 合金に従事しています。添加する元素機能を理解し、階層的な組織因子を制御することで、特性の高度化や新規機能を有する、地球環境に優しい革新的な軽量金属材料の開発を行っています。

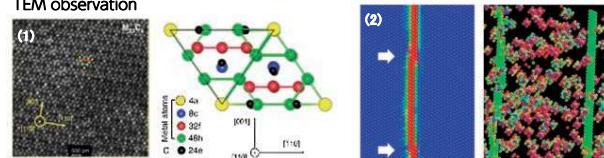
We have engaged in research of Al and Mg alloys which are among the lowest density metallic materials. We have tried to develop ecological and innovative light-weight metallic materials via understanding of alloying element function and multi-scale microstructural controls.

計算構造材料グループ (佐原亮二 GL)
Computational Structural Materials Group

本グループは、多階層に対応した数値シミュレーションにより構造材料の特性予測と設計を目指します。

The aim of the group is to predict the properties of structural materials by performing multiscale simulations.

ナノスケール：第一原理計算・分子動力学法、TEM観察
Nano-Scale : First-principles Calculation · Molecular Dynamics (MD), TEM observation

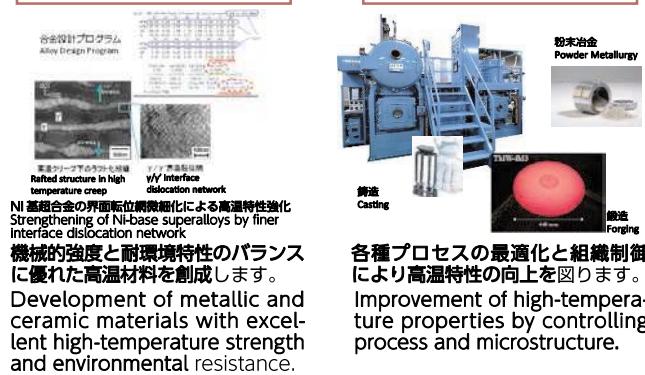


Refs. (I) M. Soulissi et al., Scr. Mater. 178 (2020) 290-294. (II) M. Egami et al., Mater. Des. 188 (2020) 108452.

超耐熱材料グループ (川岸京子 GL)
Superalloys and High Temperature Materials Group

材料設計 /Material Design

プロセスの最適化 /Process Control



論文 Papers
• T. Sugiyama et al., Oxidation Resistance Improvement of Ni-Based Single-Crystal Superalloy Melted in a CaO Crucible, Metall. Mater. Trans. A 50 (2019) 3903-3911.
• Y. Mori et al., Alloy Composition Screening for Ni-Based Turbine Disc Superalloys Using the Creep Property of Single Crystal, Metall. Mater. Trans. A 51 (2020) 2035-2043.

塑性加工プロセスグループ (井上忠信 GL)
Plasticity Processing Group

塑性加工で微視組織を制御して、特性の優れた金属材料を創出することを目指します。

Creating metallic materials with excellent properties via microstructure design by plasticity processing

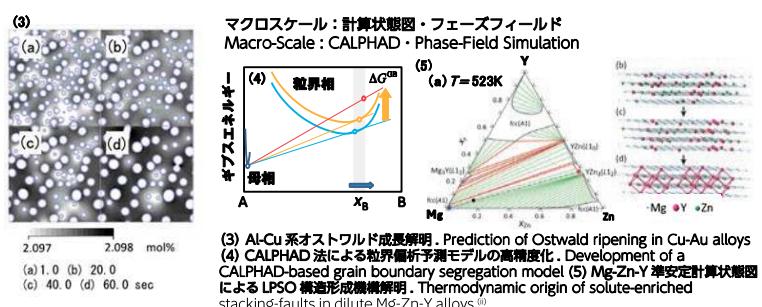
材料創成プロセス /Processing

ミクロレベルで組織を制御 /Controlling structure at microscopic level



メソレベルで構造を制御 /Controlling structure at mesoscopic level

日本刀型鋼板による層構成が及ぼす引張特性への影響を調査
Studying effect of layer construction on tensile deformation behavior of Japanese-Sword-Type steel sheet
R. Uejii, T. Inoue, Mater. Sci. Eng. A 764 (2019) 138217.

マクロスケール：計算状態図・フェーズフィールド
Macro-Scale : CALPHAD · Phase-Field Simulation

接合・造型分野

(分野長：渡邊 誠)

Bonding and Manufacturing Field (Field Director: Makoto WATANABE)

微小なスケールからマクロなスケールまで、構造材料の性能を支配する界面と接合をキーワードに材料設計から部材造型までプロセス技術に重点を置いて、新材料開発に挑戦しています。炭素繊維強化複合材料、セラミックス基複合材料、セラミックス、接着、溶接、コーティング、積層造形を対象とした技術開発に注力しています。

We are striving to develop new high performance materials with emphasis on process technology, interfacial phenomena and bonding mechanisms that dominate the reliability and properties of structural materials. Carbon fiber reinforced plastics, Ceramics matrix composites, Ceramics, Adhesion, Welding, Coating and Additive Manufacturing are our main research targets.



構造用非酸化物セラミックスグループ (西村聰之 GL) Structural Non-oxide Ceramics Group

航空宇宙分野の耐熱非酸化物系セラミックス及び複合材料を創製します。
Fabrication of heat-resistant non-oxide ceramics and non-oxide ceramic-based composites for aerospace applications.

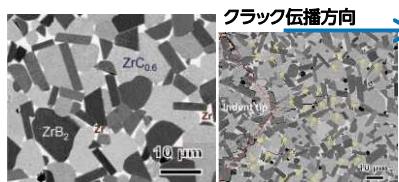


Fig.1 超高温セラミックスZrB₂-ZrC-Zr複合材料の微構造(左)、亀裂進展の偏向が図2の高韌性に寄与(右)
Microstructure of UHTC, ZrB₂-ZrC-Zr composite (left). Crack deflection contributes to high toughness shown in Fig. 2 (right).

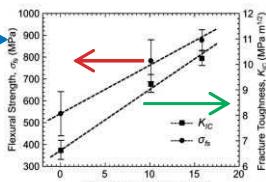
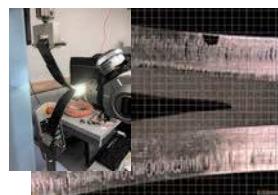


Fig.2 Zr の添加が多いと高強度化・高靭化
Zr addition is effective for strengthening and toughening of ZrB₂-ZrC-Zr composite.

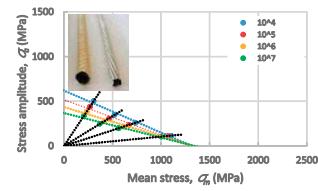
高分子系ハイブリッド複合材料グループ (内藤公喜 GL) Polymer Matrix Hybrid Composite Materials Group

高分子系ハイブリッド複合材料の材料～応用技術（素材・製造プロセス・異種間接合・評価／解析／検査）に関する研究を推進します。

Our research targets range from material to application technologies; raw materials, fabrication processes, joining and estimation/analysis/inspection.



高性能接着剤の開発と評価
Development/evaluation of high performance adhesives



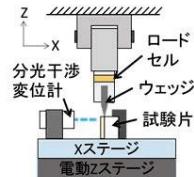
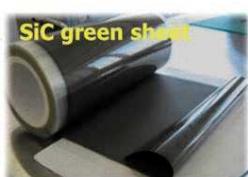
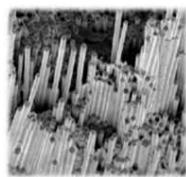
複合材料テンションロッドの耐久性評価
Evaluation of fatigue performance of composite tension rods

新規高分子系ハイブリッド複合材料の開発と耐久性を含めた力学特性評価
Development/evaluation of novel polymer matrix hybrid composites

セラミックス基複合材料グループ (垣澤英樹 GL) Ceramic Matrix Composites Group

セラミックス基複合材料(CMC)及びその耐環境コーティング(EBC)のプロセスと評価技術を開発します。

Development of processing and evaluation techniques for ceramic matrix composites (CMCs) and their environmental barrier coatings (EBCs).



破壊後の CMC 破面
Fracture surface of CMC.

新規 CMC 製造技術
New processing technique of CMC.

EBC の耐剥離性評価技術
Newly proposed adhesion test for EBCs.

表面・接着科学グループ (細田奈麻絵 GL) Surface and Adhesion Science Group

生物模倣による優れた構造設計や表界面状態の積極的な制御により可逆的インテグレーションや新素材の接合、異種材の簡単な複合化を推進します。

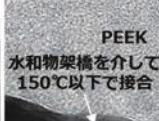
We promote reversible & robust materials integration based on bio-mimetics and an easy-to-use hybrid bonding technology.



接着・剥離に
たるハムシの剛毛
Tenent setae on the ventral
surface of the tarsi in G.
viridula.



昆虫脚微細毛を樹脂で模
した構造
Biomimetic attachment device.
接着材などを用いて自
由な接着 / 非着制御可
能。

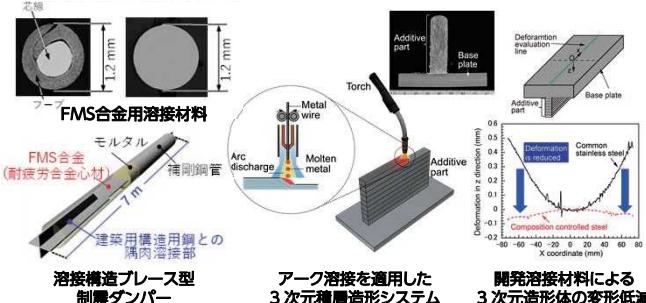


荷重下オーセティック構
造
Auxetic structure under load
PEEK-Pt低温接合界面
Cross section of
PEEK-Pt interface produced by low
temperature bonding.

溶接・接合技術グループ (中村照美 GL) Welding and Joining Technology Group

最新の溶接技術を開発し、新規開発材料の溶接材料開発や、溶融金属を制御した3次元積層技術の研究を推進します。

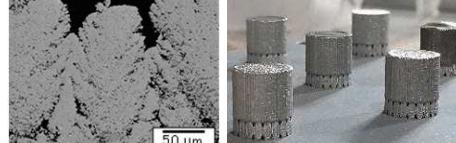
Development of new welding technology for new materials and study of arc welding control systems for 3D additive manufacturing technology.



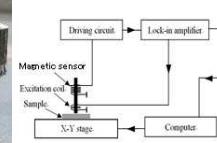
積層スマート材料グループ (渡邊誠 GL) Integrated Smart Materials Group

三次元積層造形や溶射コーティング、鍛造プロセスによる耐熱材料の開発について、数値解析や非破壊評価技術を活用しつつ推進します。チタン合金やニッケル基合金、耐熱コーティング材の組織形成過程の解明や特性最適化について研究します。

Thermal spraying, additive manufacturing, and high temperature forging processes, have been investigated by combining experiments, numerical simulation, and NDE techniques.



サスペンションプラズマスプ
レー法による柱状耐熱皮膜開
発 (Thermal barrier coating
by thermal spray)



レーザ 3D 造形プロセスでの
組織形成過程の解明、組織と
力学特性の相関研究 (High
temp alloys for Laser
Powder Bed Fusion)

高感度磁気センサーの開発
と独自の渦電流探傷システムの実現 (ECT with high
sensitivity magnetic sensor)

Analysis and Evaluation Field (Field Director: Hideki KATAYAMA)

構造材料の劣化原因となるクリープや疲労、破壊、腐食などの特性評価技術の開発や現象解明に関する研究を行い、安全で安心な社会の構築に貢献します。ナノスケールでの組織や特性の解析技術の開発、ナノ解析からマクロ特性を予測するシミュレーション技術の高度化を推進します。

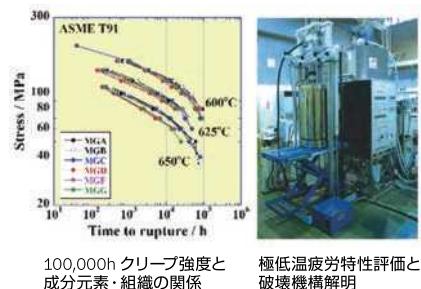
We will contribute to the realization of safe and secure society through methods that evaluate characteristics such as creep, fatigue, failure and corrosion of structural materials, and research to elucidate these phenomena. In addition, we will promote development of nano-scale analysis technology for structure and properties, and advancement of a simulation technique to predict macro-scale properties from these analyses.



材料強度基準グループ (澤田浩太 GL) Materials Strength Standard and Technology Group

クリープ特性や極低温・水素環境下における疲労や破壊特性など、構造材料の強度特性に関する最新の研究成果を規格・基準に反映することにより、安全で安心できる快適な社会構築に貢献します。

- Improvement of material specifications based on long-term materials properties and materials evaluation under extreme environments to apply them to the code and standards.
- Heat-to-heat variation of long-term creep strength of heat resistant steels.
- Effects of extreme environments (cryogenic temp. / hydrogen) on mechanical properties.



疲労特性グループ (古谷佳之 GL) Fatigue Property Group

低サイクルからギガサイクルまでの疲労寿命評価技術と、微小き裂を含む疲労き裂進展評価技術を用いて、材料信頼性に関する種々の研究を展開します。

- Development of new evaluation methods for low- frequency and giga-cycle fatigue properties.
- Application of original observation methods for micro cracks or micro-structures.

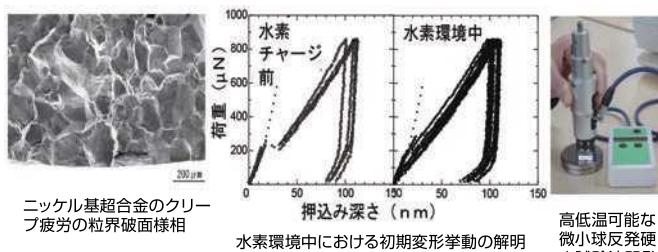


各種の疲労試験技術

環境疲労特性グループ (早川正夫 GL) Environmental Fatigue Property Group

自動車・航空機・ロケットエンジン・発電プラント材料など各種環境中における疲労特性・劣化メカニズムを評価します。力学特性に及ぼす環境効果を解明し、苛酷環境中における材料の使いこなしを図ります。

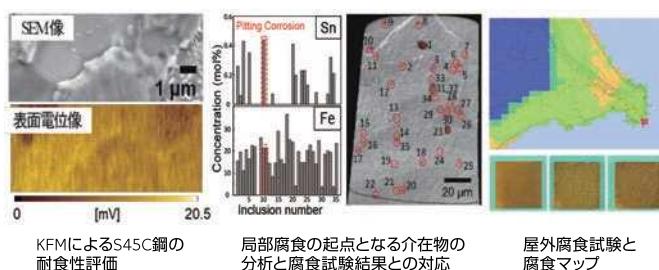
We will investigate the fatigue properties of advanced materials under severe environments such as high-temperature, and improve the reliability of the materials for automobile, aircraft, rocket engine and A-USC.



腐食特性グループ (片山英樹 GL) Corrosion Property Group

多くの腐食課題解決のために種々の環境下における金属材料の腐食劣化挙動について調査するとともに、それらの機構解明を通して金属材料の信頼性や耐久性の向上に貢献することを目指します。

We will investigate the corrosion deterioration behavior of metallic materials under various environments to solve many corrosion issues, and contribute to the improvement of reliability and durability of metallic materials.

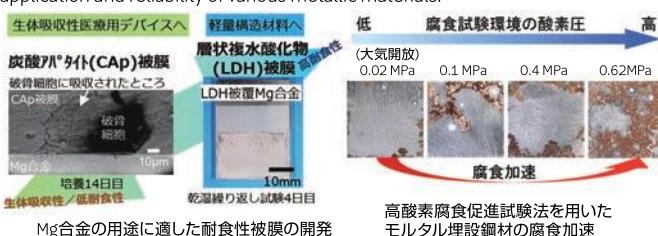


局部腐食の起点となる介在物の分析と腐食試験結果との対応
屋外腐食試験と腐食マップ

耐食材料グループ (廣本祥子 GL) Corrosion and Protection Group

金属材料の耐食性制御のための表面改質と、独自の腐食加速試験による腐食評価やメカニズムの解明を行っています。これらを通して、様々な金属材料の実用化や信頼性向上に貢献することを目指します。

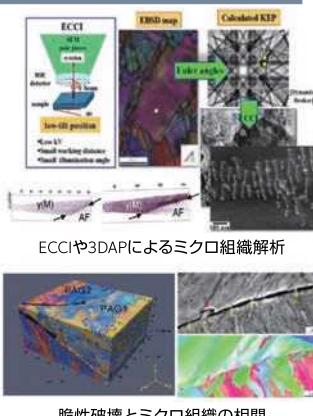
We carry out development of corrosion protection coatings, as well as evaluation and elucidation of the corrosion behavior of metallic materials using our original accelerated corrosion test method, with the aim of contributing to the practical application and reliability of various metallic materials.



鉄鋼材料グループ (柴田暁伸 GL) Steel Research Group

鉄鋼材料を主な研究対象とし、相変態によるミクロ組織形成や変形・破壊挙動とミクロ組織の相関に関する基礎的研究を行っています。そして、得られた知見に基づき、高強度・高韌性を実現した鉄鋼材料を開発するための合金設計・ミクロ組織設計指針を理論的な背景から提案することを目指します。

Through microstructural and crystallographic characterizations, we will investigate phase transformation and deformation / fracture behavior of steels. Based on such fundamental research, we will try to propose novel alloy design and microstructure design concepts for developing advanced steels from theoretical background.



脆性破壊とミクロ組織の相関

解析・評価分野

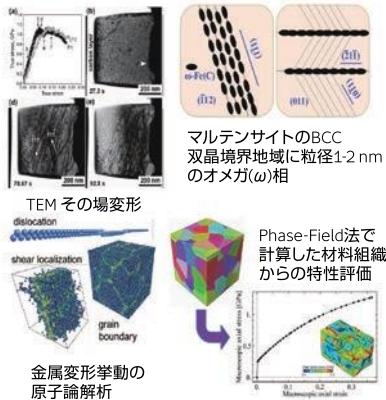
(分野長：片山英樹)

Analysis and Evaluation Field (Field Director: Hideki KATAYAMA)

高強度材料グループ (大村孝仁 GL) High Strength Materials Group

ナノスケールの局所力学挙動解析や連続体力学シミュレーションによって金属材料の格子欠陥が力学特性に及ぼす影響、組織と強度特性の関係を明らかにし、マクロ強度設計の新しい指導原理確立を目指します。

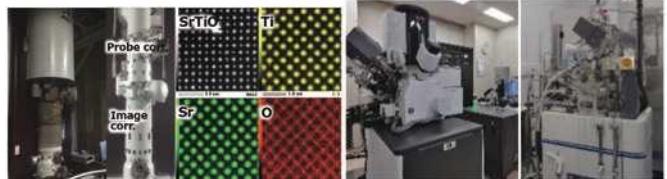
Microstructural and mechanical characterization combined with continuum mechanics simulations are utilized for understanding nano-mechanical behavior and relationships between microstructure and mechanical properties in high strength materials.



構造材料組織解析技術グループ(原徹 GL) Microstructure Analysis Technology Group

構造材料の諸特性と微細組織との関係を明確化し、新たな性能・特性を持つ構造材料の開発に資するため、特に電子顕微鏡による観察・計測手法の開発と応用を行います。

We develop new microstructure characterization tools based on various electron microscopy techniques. The purpose of our R&D is to clarify the relationship between properties and microstructure accurately and precisely.



構造材料試験プラットフォーム

(プラットフォーム長：澤田浩太)

Structural Materials Testing Platform (Platform Director: Kota SAWADA)

材料を安全かつ効率的に利用するためには、材料特性の正確な理解が必要です。そこで、材料の信頼性向上と規格・基準策定に必要な長期材料データを取得して、構造材料データシートとして発信します。

For safe use of structural materials, it is important to understand clearly mechanical behavior and properties of structural materials. We are evaluating long-term materials properties for codes and standards and publishing structural materials data sheets.



クリープデータシート

(NIMS creep data sheet)

- ・発電プラントなどで使用される材料
- ・長時間クリープ試験の実施
- ・材質劣化機構や寿命予測法の検討
- ・許容応力や寿命評価式への反映



疲労データシート

(NIMS fatigue data sheet)

- ・国産実用材料
- ・長期疲労データ
- ・ギガサイクル疲労データ



腐食データシート

(NIMS corrosion data sheet)

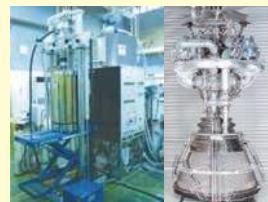
- ・鉄二元系合金、炭素鋼、耐候性鋼等
- ・大気暴露試験（全国3箇所）を実施
- ・直接暴露試験および遮へい暴露試験



宇宙関連材料強度データシート

(NIMS space use materials strength data sheet)

- ・宇宙構造物用材料（H-IIA/B, H3 ロケット等）
- ・極限環境下の引張、破壊非性、疲労特性評価
- ・強度余裕評価や設計改良に反映



©JAXA

Recent data sheets

1. NIMS Creep Data Sheet No.52B, 2021, (KA-SUS410J3DTB, 12Cr-2W-0.4Mo-1Cu-Nb-V)
2. NIMS Creep Data Sheet No.M-13, 2021, (STB410, 0.2C)
3. NIMS Fatigue Data Sheet No.129, 2021, (SUS327L1, 25Cr-7Ni-4Mo)
4. NIMS Fatigue Data Sheet No.130, 2021, (A6061-T6, Al-1.0Mg-0.6Si)
5. NIMS Corrosion Data Sheet No.CoF-5, 2021, (Fe-Cr, Fe-Ni)
6. NIMS Space Use Materials Strength Data Sheet No.30, 2021, (Ti-6Al-4V ELI)

■ 構造材料研究のポテンシャル

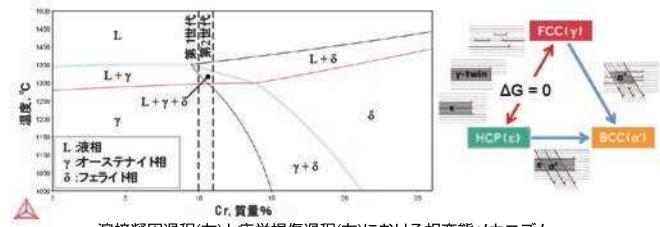
超長疲労寿命の溶接構造体を実現する第2世代FMS合金の開発

Development of second-generation FMS alloys that attain a welded structure with a very long fatigue life

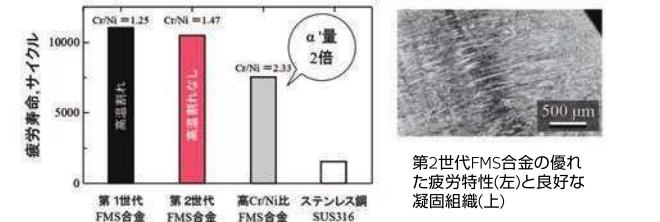
溶接凝固過程と疲労損傷過程のそれぞれで生じる相変態メカニズムの合金成分(Cr/Ni比)依存性を明らかにし、凝固モード最適化により高温割れ感受性を改善しつつ、優れた疲労耐久性を発揮するFe-Mn-Si(FMS)系合金の設計指針を構築した。本設計指針は、地震から建物を守る鋼材ダンパーに高耐久・溶接組立を実現する。

The design criteria for Fe-Mn-Si (FMS) alloys that exhibit improved solidification cracking susceptibility and excellent fatigue durability was established by clarifying the dependence of the phase transformation mechanisms that occur in each of the solidification processes during welding and the fatigue damage process on the alloy components (Cr/Ni ratio). This criterion facilitates high fatigue durability and allows welding of steel dampers which protect buildings from earthquakes.

関連論文：F. Yoshinaka, et al., Scripta Mater., 197 (2021) 113815
特願2020-209933「溶接構造体及びこれに用いられるFe-Mn-Cr-Ni-Si系合金」



溶接凝固過程(左)と疲労損傷過程(右)における相変態メカニズム



第2世代FMS合金の優れた疲労特性(左)と良好な凝固組織(上)

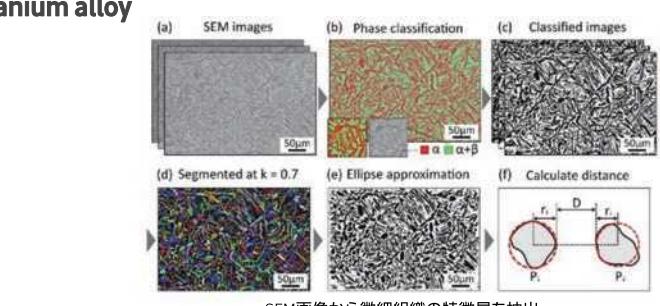
機械学習による積層造形チタン合金材の強度予測

Mechanical properties prediction of selective laser melted Titanium alloy

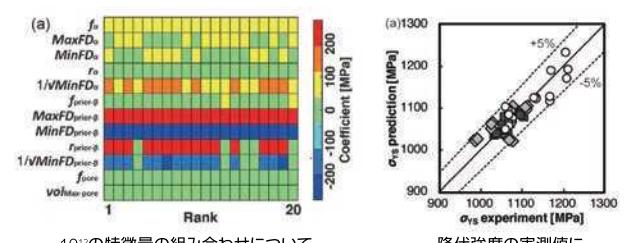
積層造形法で製造された材料の金属組織は、プロセス中の急冷凝固や熱サイクルのため微細かつ異方性を有する。このような微細組織が機械的特性に与える影響を明らかにするため、Ti-6Al-4V合金を対象として、SEM画像から抽出された微細組織の特徴量から引張特性を予測するモデルを機械学習によって構築した。このモデルにより、降伏強度を1.87%の誤差で予測可能となった。

The microstructure formed by the additive manufacturing method is fine and anisotropic due to rapid solidification and thermal cycling during the process. In order to clarify the influence of such microstructures on mechanical properties, a model to predict tensile properties of Ti-6Al-4V alloy from microstructural features extracted from SEM images was constructed by machine learning. The model was able to predict the yield strength with an error of 1.87%.

関連論文：[1] S. Miyazaki et al., Mater. Trans., 60 (2019) 561–568.
[2] M. Kusano et al., Mater. Sci. Eng. A, 787 (2020) 139549.



SEM画像から微細組織の特徴量を抽出



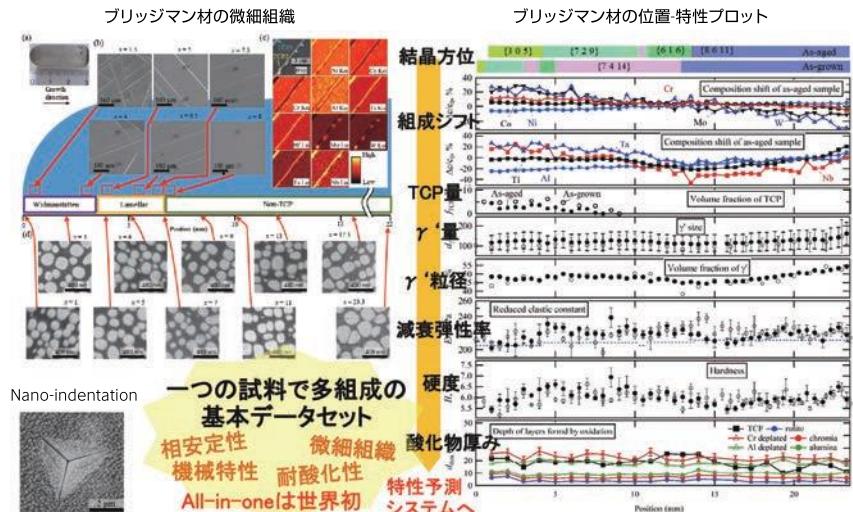
降伏強度の実測値に対する予測値

バルク材ビッグデータ取得のためのハイスループット評価技術の開発

Development of a high-throughput data collection system for high-temperature structural materials

組成傾斜バルク試料の微小領域試験を実施し、熱力学データおよび各種特性データを驚異的な効率で取得する手法を開発し、短期間で多成分高性能材料の特性予測に必要なデータベース構築が可能となった。

We have developed a method to obtain thermodynamic and numerous property datasets with remarkable efficiency by conducting micro-scale tests on compositionally graded bulk samples. It enables us to quickly construct a database for predicting the mechanical properties of multi-component high-performance materials.

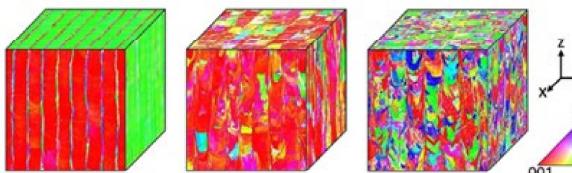


関連論文：A. Ikeda, K. Goto, T. Osada, I. Watanabe, and K. Kawagishi, Scripta Materialia, 193 (2021) 91-96

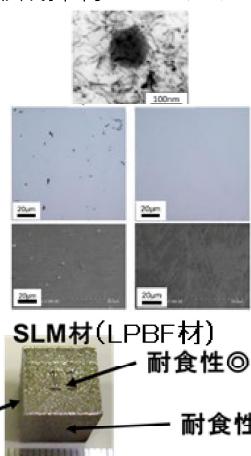
レーザ粉末床溶融結合プロセスにより作製した ステンレス鋼の集合組織形成と優れた耐食性の相関の解明

レーザ粉末床溶融結合(LPBF)プロセスにより、結晶集合組織と粒界密度の異なるステンレス鋼を作製、金属組織にかかわらず、高い耐食性を示すことを発見。ステンレス鋼は、塩化物環境における局部腐食発生のリスクが不可避だが、適切なLPBFプロセスにより、CrやNiなどの合金元素の含有量増加に頼ることなく、大幅な耐食性の向上が可能であることを実証。ステンレス鋼の高性能化・低コスト化・高信頼性化だけでなく、機械的性質の異方性発現を活用した革新的な材料としての展開も期待。

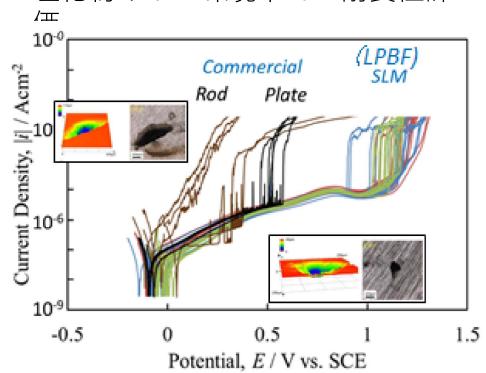
LPBFによる集合組織を任意に制御したSUS316L鋼の緻密体の作製



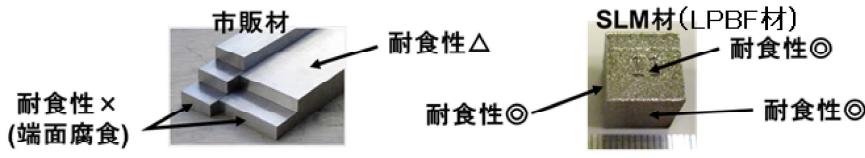
腐食誘発性介在物の形成抑制&ナノサイズ化



塩化物イオン環境中での耐食性評価



プロセス条件最適化により機械的性質を等方性から異方性まで自在に制御可能つつ、空隙形成や介在物形成を大幅に抑制



緻密体を用いた結晶学的集合組織形成と耐食性の関係解明

Y. Tsutsumi et al., Additive Manufacturing, 45, 102066 (2021)

陸生甲殻類最大種で最強「ヤシガニ」のハサミの3D組織構造と強靭化機構

強くて壊れない構造材料の開発を目指し、バイオミメティクスの観点で強靭な外骨格で覆われてるヤシガニのハサミの組織・組成・硬さ・破断形態を調査し、ヤシガニのハサミの外骨格の3次元可視化に世界で初めて成功(図1、2)。それにより、ヤシガニ外骨格の硬い層は、他の生物を上回る硬度一剛性バランス(耐摩耗性の指標)を有していることも明らかにした(図3)。NIMSの持つ世界最先端の装置と技術を生物に展開し、視点を大きく変えた成果の一つである。現状を打破し、究極の材料強靭化等を実現する組織・構造の大きなヒントとなることが期待でき、3次元積層造形プロセス等での強靭な構造体の実現を目指す。



- ・鎧のような外骨格
- ・体重の90倍以上の把持力
- ・主組成は、炭酸カルシウム + キチン + タンパク質

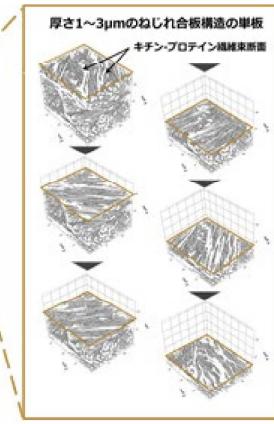
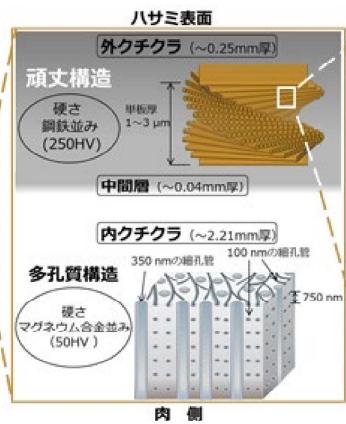


図1. ヤシガニの外骨格の模式図

図2. 硬質層微視組織の3D可視化

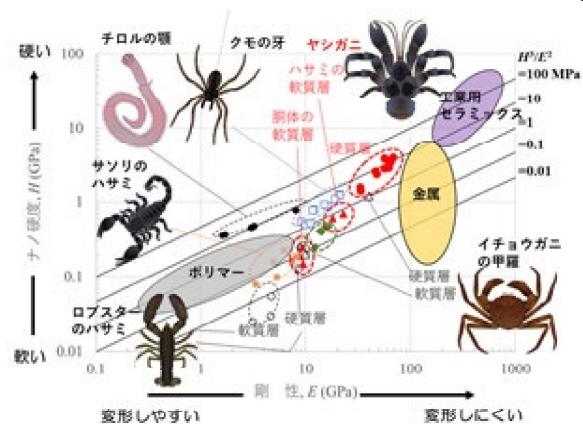
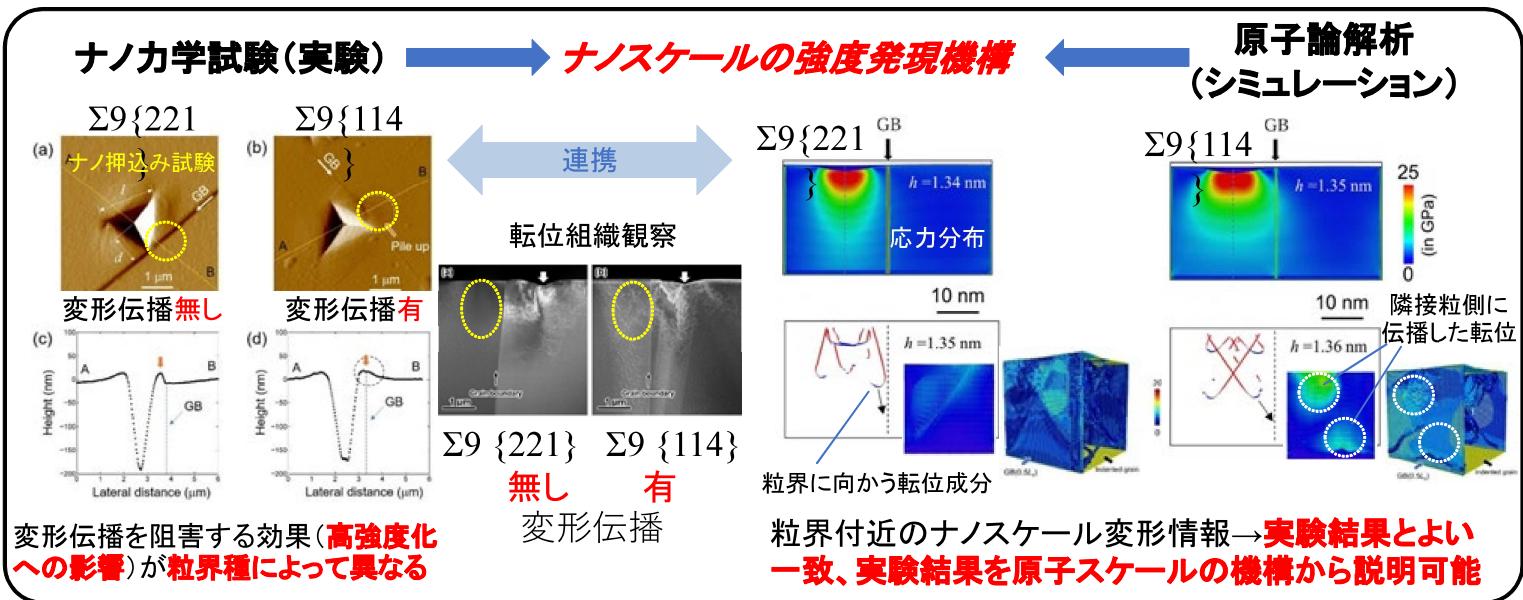


図3. 耐摩耗性マップ

原子論解析とナノ力学試験の連携による粒界変形伝播の機構評価

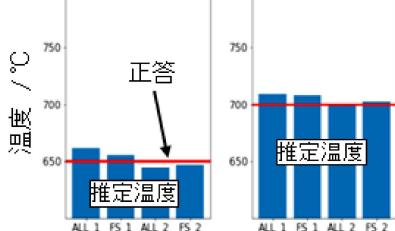
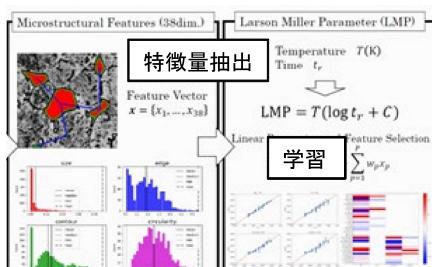
金属材料中の**粒界**(面欠陥)は**変形の伝播**を阻害することで材料の**強さを向上**させることから、この詳細な機構と支配因子の解明が重要。鉄中の粒界について**ナノ力学試験**を行うことで、伝播を阻害する粒界の効果が粒界種で大きく異なる結果を獲得。さらに**原子論解析**より同じ粒界種に対して粒界付近でのナノスケール変形を評価。これらの手法の連携から**粒界での変形伝播が粒界種の幾何学因子で説明できること**を示した。これは金属材料の強さを支配するナノスケールの機構に迫るものであり、強い金属材料を開発するための基盤知見となる。



M. Wakeda, et al., International Journal of Plasticity, 145 (2021) 103047

構造材料データシート 耐熱鋼の曝露温度推定 プログラムの開発

オーステナイト耐熱鋼の析出物に関する特微量抽出と機械学習により、一枚の組織画像から曝露温度を推定するプログラムを開発した(推定精度±10°C)。



Endo, et al., STAM Methods, 1, 225 (2021)

SIP “統合型材料開発システムによるマテリアル革命”

3D造形プロセスに適した新規析出強化型Ni基超合金の開発

Ni基超合金の3D造形プロセスで、レーザ照射による粉末床溶融凝固挙動の流体解析やマルチフェーズフィールド法による凝固組織予測技術、微視的な結晶組織の再構築モデルと結晶塑性解析による応力-ひずみ曲線予測技術を開発。MIによる合金探索によって商用合金(Inconel 738)と比べ、大幅にき裂発生を抑制できる新しい合金を開発。

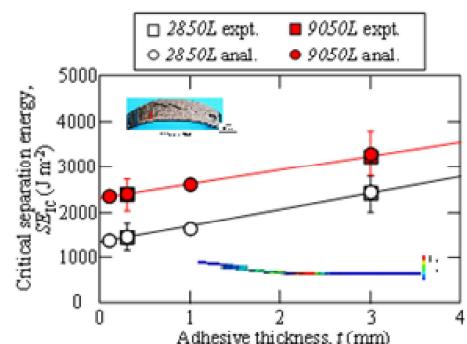


商用Ni基超合金(Inconel 738)と比較し、3D造形中のき裂発生を大幅に抑制できる新合金を開発
特願2021-138686, 北嶋具教 他.

ISMA“革新的新構造材料等研究開発”

マルチマテリアル車体における接着接合部評価技術の開発

接着剤層厚さの異なる接着接合試験片でのき裂進展試験により、塑性変形を伴う被着体での接着接合部のエネルギー破壊基準の求め方を提案した。また、計算科学的なアプローチとして有限要素法解析を行い、提案したエネルギー破壊基準の妥当性を定量的に検証した。解析と実験結果は良い一致を示し、本評価技術の有効性が示された。



Naito et.al., Composite Structures, 279, 114778 (2022).

Naito et al., Int J. Adhesion Adhesives, 117B (2022).

■構造材料研究拠点 Research Center for Structural Materials (RCSM)

国土強靭化と産業競争力強化のための構造材料研究を産学官融合で推進する拠点

構造材料研究拠点（2014年10月1日設置）は、国土強靭化、産業競争力強化に寄与する構造材料の革新的なシーズの創出とその産業界への橋渡しのためのハブ拠点を目指しています。約80名のNIMS研究者が構造材料に関する最先端研究を行っています。拠点シンポジウム、セミナー等を通じた情報発信や設備共用、人材育成活動、企業との組織連携や共同研究等を推進するとともに、2019年度よりNIMSインフラ構造材料パートナーシップを拠点内に設置し、シーズの社会実装を推し進めます。

構造材料研究拠点の活動状況 Current Research Activities in RCSM

■大型外部資金プロジェクトの推進 Execution of Large External Projects

内閣府“戦略的イノベーション創造プログラム”(SIP)

Cabinet Office of Japan “Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program” (SIP)

統合型材料開発システムによるマテリアル革命

“Materials Integration” for Revolutionary Design System of Structural Materials

日本の航空機・発電関連部材産業における国際競争力の飛躍的向上を目指し、Ni系合金、CFRP、耐熱鋼など先進構造材料の開発加速を実現するマテリアルズインテグレーション(MI)技術の開発。3D積層造形、粉末鍛造、粉末製造プロセスを対象とした組織・性能最適化のための逆問題MI技術の開発

COI STREAM “革新材料による次世代インフラシステムの構築”(金沢工業大学)のサテライト拠点

COI STREAM “Construction of Next-generation Infrastructure Using Innovative Materials”

(Kanazawa Institute of Technology) (Satellite)

新構造材料技術研究組合 (ISMA)

Innovative Structural Materials Association (ISMA)

自動車等の大幅な軽量化を達成するための技術開発

2018年度からは新構造材料技術研究組合つくば千現分室として組合員に加入

構造材料元素戦略拠点（サテライト）

Elements Strategy Initiative for Structural Materials (Satellite)

などのプロジェクト参画

■技術動向・ニーズ把握や情報交換、人材育成

- ・NIMS構造材料研究拠点シンポジウム（第7回 2019年8月30日）
- ・内外の研究者を講師とした構造材料ゼミ等（2021年3月で123回）

■NIMSインフラ構造材料パートナーシップ NIMS Infrastructural Materials Partnership

SIPプログラム「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の推進において培った高度な分析・計測技術などを基軸としてインフラ構造物の長寿命化・強靭化に関する様々な研究開発を技術相談や共同研究などを通じて基礎的な視点から支援するとともに、当該分野における人材の育成に貢献します。

Supporting various research activities into the extension of life and strengthening of infrastructure by the advanced analysis and measurement technology developed by the SIP program "Infrastructure Maintenance, Renovation and Management" and also developing human resources in this field.

■アクセスマップ Access Map

連絡先

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

構造材料研究拠点 運営室

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1

E-mail : TOPMR@nims.go.jp

TEL : 029-859-2000 (機構代表)

URL : <http://www.nims.go.jp/KO-ZO/>

Contact

Administrative Office

Research Center for Structural Materials

National Institute for Materials Science (NIMS)

1-2-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki,

305-0047 JAPAN

TEL. +81-29-859-2000

URL: <http://www.nims.go.jp/KO-ZO/>



(表紙：樺原裕子)