

2026年2月19日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学金属材料研究所

**圧縮試験時の接触状態が金属ガラスに伸びを
もたらずメカニズムを解明
—脆性改善に向けた材料設計の新たな指針を提示—**

【発表のポイント】

- 金属ガラス^(注1)の圧縮試験において、試料と圧縮平板の間に潤滑材（摺動性材料）を挿入することで「伸び」が発現する詳細なメカニズムを、実験とシミュレーションの融合により初めて解明しました。
- 摺動性材料の挿入により試料と圧縮平板の接触状態が固着から膨張へと変化し、それに伴い試料内に不均一な応力分布が形成されることを可視化しました。
- 不均一な応力分布が試料内に段階的な局所すべりを誘発し、き裂の急激な進展を抑制することで塑性変形^(注2)が多数分散して生じ、試料全体として伸びが発現することを明らかにしました。

【概要】

金属ガラスは通常、脆性を示しますが、圧縮試験時に試料と圧縮平板の間に摺動性材料を挿入することで伸びが発現することが知られていました。一方で、そのメカニズムは十分には明らかになっていませんでした。東北大学金属材料研究所の山田類助教、東北大学学際科学フロンティア研究所の才田淳治教授及び韓国 Kumoh National Institute of Technology の Wook Ha Ryu 助教らの研究グループは、金属ガラスと圧縮平板の間にテフロンテープを挿入し、その変形挙動をデジタル画像相関法および有限要素法により解析しました。その結果、テープの挿入により接触状態が固着から膨張となり、試料内に不均一な応力分布が形成されることを解明しました。これが試料内に段階的な局所すべりを誘発し、き裂の急激な進展を抑制・遅延させることで試料全体として大きな伸びを発現させることを明らかにしました。本知見は、金属ガラスは本質的に脆いとみなされていたこれまでの概念に対して、材料設計や使用条件によって延性的変形を達成できる可能性を示したもので、本材料の工業的応用に新たな指針を提示するものと考えられます。

本研究成果は、2026年1月28日に材料系国際専門誌の「Scripta Materialia」にオンライン掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

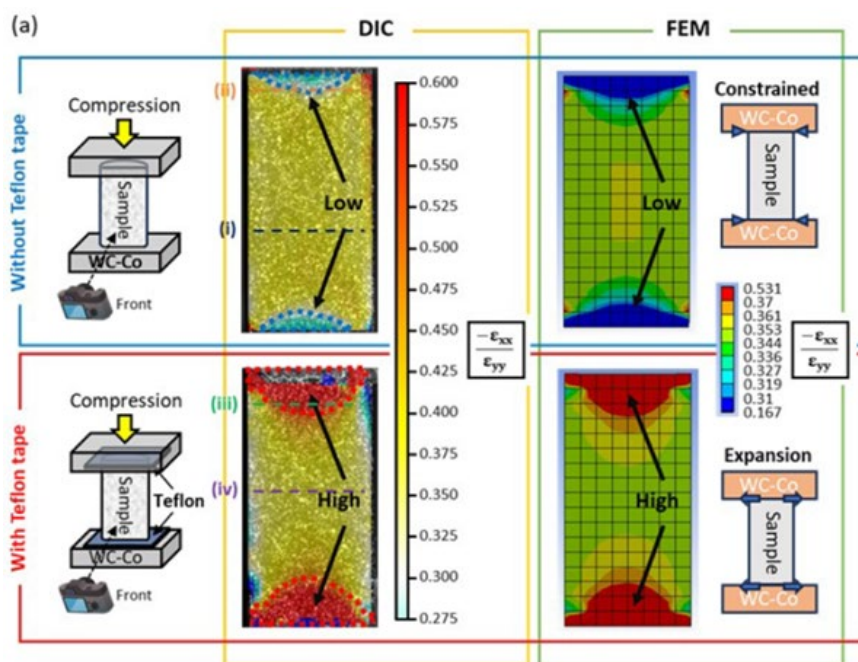
金属ガラスはその特異なランダム構造に起因して、室温において高強度特性を示し、またガラス転移温度以降に発現する過冷却液体温度域にて優れた精密成形性を示すため、今日、工業的な応用展開が拡大しています。一方で、室温において応力負荷時に降伏後突発的な破断を示すことが一般的に知られています。ガラス材料全般にも見られるこの脆性が金属ガラスの実用材料としての応用展開を阻害する大きな問題の1つとなっていました。過去の報告で、金属ガラスの圧縮試験時に試料と圧縮平板の間に摺動性材料を挿入することで試料に伸びが発現することが明らかにされていました。しかしながらその伸びの発現メカニズムはこれまで十分には明らかにされていませんでした。

今回の取り組み

本研究グループは、試料と圧縮平板との間にテフロンテープを挿入し、 $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ 金属ガラスの圧縮試験時の変形挙動を、デジタル画像相関法^(注3)を用いて観察を行いました。また、有限要素法^(注4)により、内部に形成されるひずみ、応力状態の計算も併せて行いました。その結果、テフロンテープを挿入することで、試料と圧縮平板の接触状態が固着から膨張へと変化し(図1)、それに伴って、内部の応力状態が不均一になることを明らかにしました。圧縮試験時に形成される不均一な応力分布の存在が試料の各領域に段階的な破断を生じさせ、局所的なすべり変形が分散することで試料全体に伸びの発現がもたられることが本研究で明らかとなりました(図2)。

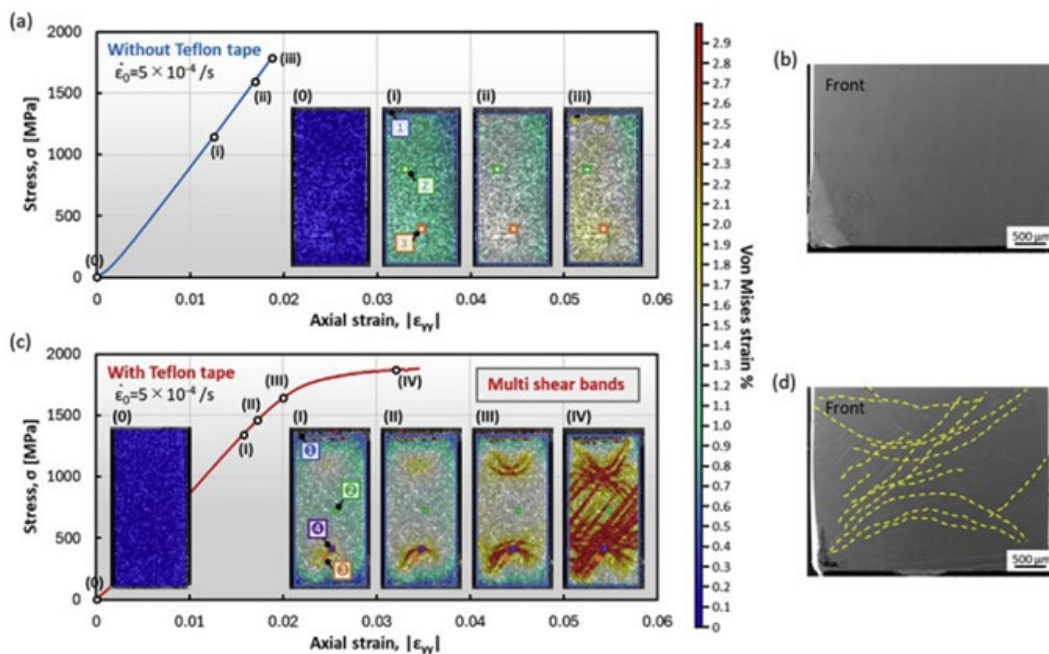
今後の展開

今回、圧縮試験時に試料内に応力の不均一な分布が形成されることが、金属ガラスのグローバルな伸びの発現に寄与していることが分かりました。今後は、圧縮時に試料内にそのような応力の不均一分布が形成されるよう試料自体に戦略的に設計を施す(例えば、弾性特性の異方性・傾斜を予め試料内に導入する等)ことで、摺動性材料を用いずに試料自身に伸びを発現させられることが期待されます。本知見で得られた成果及びそこから展開される新しい脆性改善手法のアイデアは、今後の金属ガラスの応用展開の拡大につながるものと考えられます。



R. Yamada et al., Scripta Materialia 276 (2026) 117165に掲載された図を引用

図 1. デジタル画像相関法(DIC)ならびに有限要素法(FEM)による縦ひずみ(ϵ_{yy})と横ひずみ(ϵ_{xx})の比($-\epsilon_{yy}/\epsilon_{xx}$)の値の比較



R. Yamada et al., Scripta Materialia 276 (2026) 117165に掲載された図を引用

図 2. (a)通常ならびに(c)テフロンテープ挿入時に得られた応力-ひずみ曲線とデジタル画像相関法の結果および(b), (d)それぞれの圧縮試験後の破面観察結果

【謝辞】

本研究は、科学研究費補助金 基盤研究 A (JP18H03829, JP23H00228)、基盤研究 C (JP21K04899) 及び東北大学学際科学フロンティア研究所「学際研究促進プログラム」の支援を得て行われました。

【用語説明】

注1. 金属ガラス

原子配列にランダム構造を有する金属材料。原子が長範囲に規則正しく整列した結晶材料とは異なり、非晶質材料に分類される。

注2. 塑性変形

物体に外力が加わった際、弾性変形を過ぎ、外力を取り除いても元の状態に戻らない変形。

注3. デジタル画像相関法 (Digital Image Correlation; DIC)

機械的試験時に、試料にあらかじめ付与されたマーカの移動をカメラにより撮影・追跡し、測定対象の変位やひずみを計測する手法。

注4. 有限要素法 (Finite Element Method; FEM)

対象を小さな各要素に分割し、その各要素で物理法則に従った方程式を解くことで全体の挙動を予測する数値解析手法。

【論文情報】

タイトル : Reduction of lateral constrain leads to plasticity in metallic glasses

著者 : Rui Yamada, Keisuke Tabaru, Ryota Maeda, Wook Ha Ryu, Junji Saida

*責任著者 : 東北大学金属材料研究所 助教 山田 類

掲載誌 : Scripta Materialia

DOI: doi.org/10.1016/j.scriptamat.2026.117165

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646226000011>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学金属材料研究所

助教 山田 類

TEL: 022-215-2103

Email: rui.yamada.b6@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学金属材料研究所

情報企画室広報班

TEL: 022-215-2144

Email: press.imr@grp.tohoku.ac.jp