The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	金属ガラスの力学特性制御のための緩和状態エンジニアリングの原子論的研究
Author(s)	宮崎, 成正
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55903
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　宮　崎　成　正　）	
論文題名	金属ガラスの力学特性制御のための 緩和状態エンジニアリングの原子論的研究

論文内容の要旨

金属ガラスは高強度、高弾性限ひずみ、耐摩耗性などの優れた機械的特性を持つことから構造材料としての実用化が期待されているが、その一方で脆性的であるという欠点があり、実用化に向けていかにして塑性変形能を持たせるかが大きな課題となっている。博士論文は、構造若返り（rejuvenation）と呼ばれる現象を利用した高圧下での熱負荷手法を新たに提案し、金属ガラスを人工的にエネルギーの高い未緩和な状態に構造変化させることで、塑性変形能の向上が可能であることを原子論の観点から理論的に明らかにしたものである。また、提案手法によって作製されたガラスはこれまでにない新たなガラス相であることも明らかにした。

第一章では、序論として金属ガラスの一般的な性質や特徴について述べ、その実用化に向けた加工性や延性能における課題について述べた。

第二章では、未緩和状態を達成するために必要な過冷却温度域での金属ガラスの粘性や緩和挙動に関する情報を分子動力学法によって獲得する手法を構築し、具体的にこれらの物理量を評価して、その温度やガラス組成依存性を明らかにした。

第三章では、圧力下熱負荷によってこれまでに実現できなかった低冷却速度での構造若返りを達成できる手法を新たに提案し、分子動力学法に基づく理論計算によってガラスを形成する各種合金に対して手法の有効性を明らかにした。また、本手法によって構造若返りした金属ガラスの多くは、より高い延性能を発現し、一部のガラスでは優れた弾性特性を有することも明らかにした。

第四章では圧力下熱負荷手法によって作製された金属ガラスの構造が、規則的・低体積でありながらもエネルギーが高いというこれまでの常識を覆す新しいガラス相であることを原子論的な解析によって明らかにした。

第五章では、本論文の結論を述べた。

様式7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　宮　崎　成　正　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教 授	尾 方 成 信
	副 査　教 授	平 尾 雅 彦
	副 査　教 授	和 田 成 生
	副 査　准 教 授	荻 博 次

論文審査の結果の要旨

本論文は、金属ガラスの構造若返りを実現する“圧力下熱負荷プロセス”を新規に提案し、その実現性およびそれによる機械特性改善の可能性を計算機シミュレーションにより予測したものである。また圧力下熱負荷プロセスで得られた構造若返り金属ガラスがこれまでの常識の覆す新奇高圧ガラス相であることを明らかにしたものである。具体的には、圧力下熱負荷による構造若返り手法を用いて、圧縮の静水圧負荷の下、ガラス転移温度Tgより高温の約1.2Tg以上で等温保持する条件で金属ガラスの構造若返りが実現されることを明らかにしている。そして本手法を様々な金属ガラス組成に適用した結果、本プロセスで構造若返りが生じない合金組成があることを示し、圧力下熱負荷による構造若返りには合金組成依存性があることを明らかにしている。合金組成依存性の物理的背景理解のため、金属ガラス中の原子拡散の温度依存性解析を行い、過冷却温度域における静水圧による緩和速度の低下の違いが、若返りの成否を決定していることを明らかにしている。さらに圧力下熱負荷によって構造若返りした金属ガラスに対して単軸引張り解析を行い、構造若返りガラスが高い弾性剛性と流動応力を有しつつ均一変形を示すことを明らかにしている。これは本プロセスによって剛性と塑性変形能を両立した金属ガラス創製が可能となることを示しており、金属ガラスの構造材料としての応用に向けた重要な知見を獲得している。また、圧力下熱負荷プロセスにより得られたガラスは高エネルギーでありながら高密度・高秩序性を持ったこれまでにない新奇高圧ガラス相であることを明らかにしている。これは高いエネルギー状態にあるガラスでは、大きな自由体積が導入され短距離中距離局所秩序が失われるというこれまでの常識を覆すものであり、新規性は高い。よって、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。