

Al-Ti-Mg 三元系における超伝導状態探索 ～機械学習による“探索指針の提案”と “超伝導組成の予測”～

杵谷成道* 唐永鵬** 美藤正樹***
 松本要**** 村山光宏***** 堀田善治*****

1. はじめに

電子の波動関数の位相がマクロスケールで揃う超伝導状態はマクロな量子効果と言われ、ゼロ電気抵抗、完全反磁性、ジョセフソン効果という三つの機能を発現する。超伝導状態は社会構造を変革する可能性を有する物理現象であり、すでに医療系磁気共鳴画像装置(MRI)に超伝導磁石が使用されていることは周知の事実である⁽¹⁾。超伝導体の応用を考えたとき、線材化の可能性と“high- T_c (高い超伝導転移温度)&微細組織制御による high- J_c (高い超伝導電流密度)”の実現が問われる。また、インフラストラクチャーにおける線材応用を考えたとき、ユビキタスやエコフレンドリーの面から、さらには低価格の面から、軽金属製の超伝導線材は魅力的である。本研究は、機械学習と高圧ねじり加工を用いて、軽金属をベースとする超伝導材料の未踏領域探索を目指すものであり、本稿ではその最新の成果の一部を紹介する⁽²⁾。

軽金属分野における代表的三元素が、Al, Ti, Mg であることは周知のとおりである。Al と Ti はそれぞれ、常圧下で 1.20 K ならびに 0.39 K の極低温下で超伝導状態に相転移するが⁽³⁾、Mg は常圧下だけでなく高圧力場でも超伝導状態に

転移しない。つまり、この三元系での high- T_c 達成は容易に想像できるものではない。表 1 に Al-Ti 二元系, Al-Mg 二元系さらに Ti 酸化物の超伝導体の歴史をまとめた⁽²⁾。

表 1 Al, Al-Ti 系, Al-Mg 系, Ti, Ti 酸化物, Mg-Ti 酸化物の超伝導転移温度.

組成式	T_c / K	参考文献	年代
Al	1.20	3	1963
Al ₃ Ti	1.02	3	1963
Al _{0.029} Ti _{0.971}	0.65	4	2000
Al _{0.053} Ti _{0.947}	0.70	4	2000
Al _{0.102} Ti _{0.898}	0.73	4	2000
Al _{0.28} Mg _{0.18}	0.84	6	1974
Al _{0.39} Mg _{0.61}	1.5	6	1974
Al _{0.6} Mg _{0.4}	1.7	8	1973
Al _{0.61} Mg _{0.39}	0.84	6	1974
AlMg	0.84	5	1973
Al ₃ Mg ₂	0.84	3	1963
Al ₃ Mg ₂	0.87	7	2007
Ti	0.39	3	1963
TiO	2.3	9	1968
TiO _{1.07}	1.0	10	1972
TiO _{1.06}	0.54	10	1972
TiO _{0.95}	0.80	10	1972
TiO	0.64	10	1972
TiO	1.06	11	1972
TiO _{0.92}	0.72	11	1972
TiO _{0.86}	0.47	11	1972
TiO _{0.91}	0.70	11	1972
TiO	7.4	12	2017
γ-Ti ₃ O ₅	7.1	13	2017
Ti ₄ O ₇	3.0	13	2017
Ti ₄ O ₇	2.32	14	2019
MgTi ₃ O ₄	4.5	15	2020

* 九州工業大学大学院工学府；大学院生(博士前期課程 2 年)(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

** 九州工業大学大学院工学府；研究員

*** 九州工業大学大学院工学府基礎科学研究系；教授

**** 九州工業大学大学院工学府物質工学研究系；教授

***** 九州大学先端物質科学研究所；教授

***** 九州工業大学大学院工学府基礎科学研究系；特任教授

Exploration of Superconductivity in Three-elements Light Metal System

~Proposing Exploration Strategy and Assuming Superconducting Components by Machine Learning~; Narimichi Mokutani*, Yongpeng Tang*, Masaki Mito*, Kaname Matsumoto*, Mitsuhiro Murayama**, Zenji Horita*(*Graduate School of Engineering, Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu. **Institute of Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University, Kasuga)

Keywords: *superconductivity, light metals, machine learning, high-pressure torsion, quasi-stable states*

2022年 7 月 20 日受理[doi:10.2320/materia.61.870]