

岡山大学 惑星物質研究所 共同利用・共同研究 成果報告書

受入年度：2019年度 後期

提出日： 2020年 4月 5日

共同利用の種類： 一般共同利用

課題名： GHz音速法による液体金属の弾性測定

共同研究員氏名：寺崎英紀

所属・職名：大阪大学大学院理学研究科・准教授

分担者氏名：鶴岡棕

分担者所属・職名：大阪大学大学院理学研究科・M2

分担者氏名：米田明

分担者所属・職名：岡山大学惑星物質研究所・客員研究員

分担者氏名：鎌田誠司

分担者所属・職名：東北大学大学院理学研究科・助教

分担者氏名：山崎大輔

分担者所属・職名：岡山大学惑星物質研究所・准教授

研究報告：

〈研究目的〉液体鉄合金の高圧下における弾性特性は、惑星中心核の構造や組成を議論する上で、不可欠な情報である。近年、申請者らは密度測定のための圧力拡張を目指し、外熱式ダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いたX線吸収法による密度測定開発を行い、固体と液体インジウムの密度を8 GPaまでの条件で測定した(Takubo et al. 2019)。この手法を継続して、現在は液体ガリウムおよび固体鉄合金の密度を測定している。本研究ではX線吸収法とGHz音速法を併用して実施し、液体金属の密度と音速同時測定を目指している。音速と密度の2つの物性から体積弾性率を求めることができ、信頼性の高い液体の高圧下の弾性特性を決定する

ことが可能となる。そこで本課題では、まず惑星研において液体試料測定に向けた GHz 音速法を確立することを目的とする。密度測定については SPring-8 にて実施した。

<実施内容、研究成果>

本課題では、GHz 測定用の P 波、S 波測定用のバッファーロッド製作および測定法の最適化に主に実施した。まずバッファーロッド製作においては、バッファーロッド用の YAG 単結晶の先端を P 波、S 波用にそれぞれ鏡面研磨し、その逆端面 (P 波) もしくは側面 (S 波) に GHz 超音波発生用の素子 (ZnO+Pt) をスパッタ装置を用いて成膜した。その後、バッファーロッドとシグナルケーブルをホルダーに入れて接続・固定し、バッファーロッド一式を製作した。製作に当たり、ロッドとケーブルの接続・固定方法は、実際に信号を発生させ試行錯誤しながら最適位置に固定した (Fig. 1)。

次に、GHz 超音波干渉法により音速測定を実施した。まず音速が既知の Al_2O_3 単結晶を用いて 1 気圧下で測定し、オシロスコープや GHz 発信機の設定を調整した。この後、実際に DAC を用いた音速測定を行った。試料には Fe を使い、室温下で 1.1 GPa の圧力条件で P 波速度を測定した。この結果、Fig.2 に示す通り、Fe 試料の前面および背面反射の明瞭なシグナルを観測することが出来た。これより 750 MHz から 1000 MHz までの範囲で 1 MHz 毎に P 波シグナルデータを収集した。この結果、Fe 固体中の超音波伝播時間は 8.7 ns と求まった。S 波データについても測定を行ったが、S 波の反射シグナルを得ることが出来なかった。これは DAC とバッファーロッドの位置関係、DAC の回転・あおりの問題が大きいことがわかった。これについては DAC ステージや回転・あおり調整機構を改良した結果、S 波シグナルについても良好なシグナルを最近得ることが出来た。以上より、本課題によって GHz 超音波干渉法による DAC 試料の P 波・S 波速度測定の良いデータが得られ、測定準備が整った。今後は外熱式 DAC を用いて高温高圧下での GHz 法による測定を行い、液体 Ga 試料の音速測定を実施し、下記の密度結果と比較する予定である。

また SPring-8 では、BL10XU ビームラインで X 線吸収法と外熱式 DAC を用いて、液体 Ga 試料の密度測定を行い、10 GPa、533 K までの圧力・温度条件で密度・圧縮曲線を求めた。この結果、500 K における液体 Ga の体積弾性率とその圧力微分は $K_0=45.7(4)-45.8(49)$ GPa, $K'=5.8(17)-6.2(2)$ と決定できた。



Fig. 1. S 波バッファーロッド作成の様子

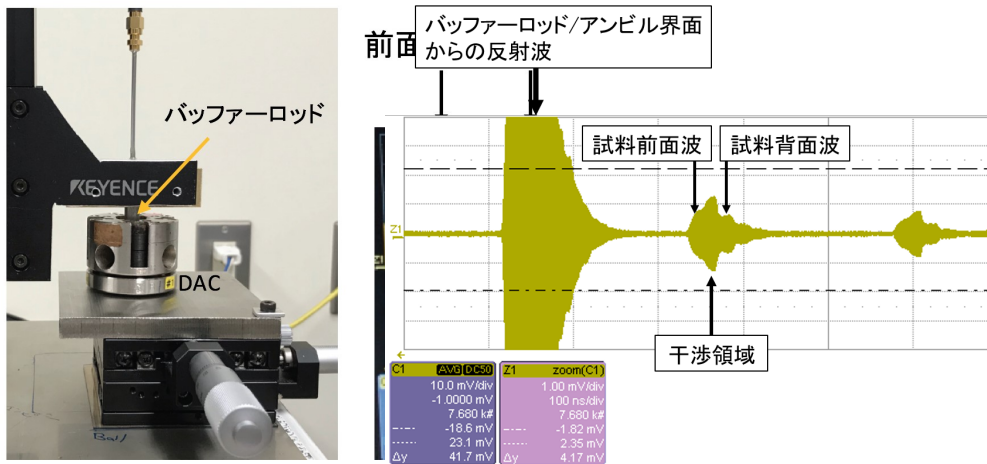


Fig. 2. (左)DAC 中の Fe 試料の P 波速度測定の様子。(右)Fe 試料の前面と背面反射シグナル(850 MHz)