

Title	静・動カップリング圧縮法の開発と超高圧実験への応用
Author(s)	木村, 友亮
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59195">https://hdl.handle.net/11094/59195</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	木村友亮
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24939 号
学位授与年月日	平成23年9月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	静・動カップリング圧縮法の開発と超高压実験への応用
論文審査委員	(主査) 教授 児玉 了祐 (副査) 教授 田中 和夫 教授 飯田 敏行 教授 上田 良夫 教授 村上 匡且 教授 中井 光男 教授 清水 克哉 准教授 坂和 洋一

## 論文内容の要旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻博士課程において行った「静・動カップリング圧縮法の開発と超高压実験への応用」に関する研究成果をまとめたものである。これまで、衝撃圧縮と静的圧縮の方法によって様々な高压状態が実現されてきた。しかし、これら従来の圧縮手法では、軽元素の固体金属状態や惑星の内部状態など、多くの興味深い課題を含むサブテラパスカル、常温から10000 Kといった圧力・温度領域が未だ実現されていない。このような物質状態を解明するために、より広範な圧力・温度の状態を実現できる新しい圧縮法の開発が求められている。

本研究では、数100 GPaの圧力下で $10^4$  K以下の状態を再現性良く実現できる静・動カップリング圧縮法の開発を行った。静・動カップリング圧縮法では、予備圧縮セルによって初期圧力、初期密度を増加させた状態の試料に衝撃圧縮を加える。この予備圧縮の効果により内部エネルギーの増大が抑えられるため、通常の衝撃温度よりも低い温度の状態が得られる。開発されたレーザー衝撃圧縮実験用の大口径予備圧縮セルと、衝撃圧縮時の状態量を高精度に計測できるシステムを用いて、本圧縮法の実証実験を行った。常圧と0.5 GPaまで予備圧縮を加えた水の試料に関してレーザー衝撃圧縮を行い、それぞれの衝撃波速度と反射率を速度干渉計で計測し、放射輝度を輝度温度計で計測した。本研究で初めて、レーザー駆動の衝撃圧縮実験で水の圧力・密度・温度を同時にかつ高精度に決定することに成功した。予備圧縮を加えた水の衝撃温度は、常圧のそれと比べておよそ20%低く、180 GPaの時、9000 Kであった。この結果から、静・動カップリング圧縮法が超高压で比較的低温の状態の探索に有効であることが示された。得られた衝撃圧縮データは、密度汎関数理論に基づいて予測された第一原理計算の結果とよく一致していた。反射率計測の結果はこの圧力温度状態の水に伝導電子が存在していることを示している。この反射率の結果は、電子のフェルミ粒子としての性質を考慮した第一原理計算の予測とよく一致した。この第一原理計算との一致は、数 $10^4$  Kの温度下の水においても縮退フェルミ電子の扱いが必要であることを意味している。予備圧縮を加えた水の衝撃反射率は常圧のそれよりも低かった。これは温度が低くなったことにより熱励起される電子の数が少なくなったことに起因していると解釈できる。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、アンビルセルを用いた静的圧縮とパワーレーザー衝撃波による動的圧縮が持つ互いの長所を活かした二つの手法を組み合わせた静・動カップリング圧縮法の開発成果をまとめると共に、本手法により従来の衝撃波圧縮では得られない圧力・温度状態を実現しその可能性、将来性を評価したものである。

第1章は、序論であり超高压実験における静的圧縮実験と動的圧縮としての衝撃波圧縮実験を述べ、2つの圧縮法を併せ持つ静・動カップリング圧縮法の重要性と本研究の位置付けを示している。

第2章は、レーザー衝撃波を利用した動圧縮とダイヤモンドアンビルセルを用いた静圧縮による高压発生原理について説明し、これら二つの圧縮手法を組み合わせた静・動カップリング圧縮法で原理的に低い温度状態を生成でき

ることを述べている。

第3章では、静・動カップリング圧縮法で必要不可欠な大口径予備圧縮セルの開発について述べている。本研究成果により、レーザー照射用としては初めて直径2ミリメートルの大きいダイヤモンドをアンビルで、ギガパスカルを超える高い静的圧力を維持することに成功したことを述べている。

第4章では、パワーレーザーを用いた静・動カップリング圧縮法において重要な課題の1つである資料予備加熱に対する実験的評価を述べている。精度の高い圧縮を行うにはレーザー照射に伴う予備加熱をできるだけ低く抑制する必要があり、そのための1つの手法として予備加熱のもとであるレーザー照射面からのX線をシールドする手法により、試料予備加熱を計測限界以下に抑制できたことが述べられている。

第5章では、圧縮実験で圧力・密度・温度を高精度で決定できる計測システムについて述べており、誤差1%以下の精度で衝撃波速度を計測できるようになったことと圧力・密度・温度を同時に決定できるシステムを構築したことが述べられている。

第6章では、資料として水を用いて静・動カップリング圧縮法の有効性を実証している。また数100ギガパスカルにおける水の圧力・密度・温度を同時に決定すると共に伝導電子の存在を実験的に明らかにしている。

第7章は結論であり、得られた研究成果をまとめ本論文の総括を行っている。パワーレーザーを用いた静・動カップリング圧縮法の有効性とともにもその将来性をまとめている。

以上のように、本論文は、静・動カップリング圧縮法という手法を開発するとともにその有効性を示し、パワーレーザーによる超高压では、困難であった温度領域を実現している。その成果は、人類が実現できる超高压状態の幅を広げると共に新たな物質創生の可能性を示すものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。