OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Dynamic Fracture of Brittle Materials under Intensive Pulsed Laser Loading
Author(s)	李, 欣増
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40177
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	李 欣 增（りー しん つぇん）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 13129 号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科精密工学専攻
学位論文名	Dynamic Fracture of Brittle Materials under Intensive Pulsed Laser Loading （パルスレーザーによるぜい性材料の動的破壊）
論文審査委員	（主査） 教授 岸田 敬三 教授 青野 正和　教授 梅野 正隆　教授 片岡 俊彦 教授 広瀬喜久治　教授 森 勇藏　教授 芳井 熊安

論文内容の要旨

本論文は，強力パルスレーザーによって実現される超高速衝撃荷重によるぜい性材料の破壊に関する研究について述べたものである。マイクロクラックの挙動を表現するNGPモデルを提唱し，今回の実験で得られた新しい事実をこのモデルに基づいた数値シミュレーションにより説明することを試みている。ぜい性材料の損傷と破壊は，材料内のマイクロクラックの挙動に強く依存することを明らかにしている。

各章の内容を要約すると次のようである。

第1章では，通常の破壊の動力学の枠組みを総括するとともに，材料の破壊じん性の負荷速度依存性について従来の経験則に基づいた考察を行っている。

第2章では，レーザー衝撃実験を行う上で不可欠な基礎事項について述べている。パルスレーザーを衝撃力に変換する手法，得られる衝撃圧力および目的の超高速衝撃実験法のデザインについて述べている。

第3章では，初期き裂を有するガラスの衝撃破壊実験について述べている。本実験のような超高速負荷に対しては，初期き裂の先端からき裂の分岐がいきなり生ずることを高速カメラによる観測により初めて明らかにしている。き裂の進展速度については，従来の終速度理論に定量的に一致することを確認している。負荷の持続時間が極端に短いレーザー衝撃実験では，実験後の破面を観察することにより，マイクロクラックの種々な役割について検討が可能である事を示している。

第4章では，ぜい性破壊を研究するためのメゾ力学的な方法論について述べている。マイクロクラックのNucleationとGrowthの理論に，材料の損傷の測度をマクロに規定するPercolation理論を複合させたNGPモデルを提案している。

第5章では，レーザーによって誘起された衝撃波によるガラスのスポール破壊についてNGPモデルを適用し，マイクロクラック場の挙動がスポール破壊の時間的推移を特性づける事を明らかにしている。

第6章では，主き裂を含む材料の破壊の問題に対してNGPモデルを適用し，主き裂とマイクロクラック場の相互作用について論じるとともに，マイクロクラック場の進展特性から破壊じん性の負荷速度依存性やき裂の分岐が説明できることを示している。

第7章では，NGPモデルによる数値シミュレーションを3次元アルゴリズムに発展させる必要性とその方法論について述べている。

第8章では，今後の具体的な研究課題の1つとして，粒子動力学（Particle Dynamics）とPercolation理論を複合した数値シミュレーションについて提案している。

論文審査の結果の要旨

セラミックスは，(1)高温強度が大きいこと，(2)耐食性に優れていること，(3)硬さや剛性が高いことなど，多くの優れた特性を持っているため，工業的にますます重要な材料となっている。しかし一方でそのぜい性的な性質のため，強度的な信頼性に問題があるというのが現状である。高いじん性を持ったセラミックスを開発するためには，そのぜい性破壊のメカニズムを明らかにすることが必要である。

本研究は，力学および材料科学の立場から，材料のぜい性破壊を研究したものである。まず従来からぜい性破壊と最も関係が深いと考えられている衝撃荷重下の破壊を取り上げている。実験では，パルスレーザーを用いた破壊実験を行うことにより，現在可能な最高速の衝撃破壊試験に成功している。さらに，この超短パルス衝撃試験では，破壊プロセスの解明に特に重要な，初期の損傷進展過程を観察することが可能であることを示している。理論では，Nucleation，Growth and Percolationの三段階理論を提唱し，これに基づいたメゾ力学的なNGPモデルを構築して，ぜい性破壊の主要な現象の説明に成功している。主な成果は以下の4点に要約される。

(1) パルスレーザーを用いた超高速・超短パルス衝撃破壊実験法を開発し，破壊の動力学における有用な知見を与えている。さらにこれによる試験後の試験片を観察することにより，初期の損傷進展過程を解明することができるという新しい考えに基づいて，破壊過程中における材料欠陥の役割を明かにしている。

(2) き裂速度の限界がRayleigh波速度ではなく，その数値の約半分の終速度であるという考えを，レーザーによる超高速衝撃実験で実証している。また最近国際的な傾向として，高速破壊時にはLocalizationという伝統的な考えは適用できないと言われているが，その説を裏付ける有力な実験結果を与えている。

(3) ぜい性な材料中のランダムな損傷の測度を，場のある種の平均量ではなく，より信頼性の高いPercolation理論を導入し，微視的観察だけを基にしたメゾ力学モデルであるNucleation，Growth and Percolation（NGP）理論を構築している。

(4) NGP理論に基づいた数値解析アルゴリズムを完成し，広い範囲のぜい性破壊の現象をシミュレーションすることに成功している。さらにセラミックスのような不均質材料の破壊に対して，NGP理論と粒子動力学（Particle Dynamics）を複合したシミュレーション理論を提案している。

以上のように本論文では，新しい超高速破壊実験法を開発するとともに，物理的な裏付けが明確で実験的に測定が可能なパラメータに基づいた統一的で簡明なぜい性破壊のモデルを構築し，ぜい性破壊のメカニズムを解明するための有力な手法を提唱している。この成果は，広く物理的な合理性と工学への応用性をもつものであり，破壊力学ならびに材料科学に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。