

平成 14 年度科学研究費補助金 特別推進研究(COE) 研究成果報告

「複雑媒体中の衝撃波現象の解明と学際応用」

平成 15 年3月31日

東北大学 流体科学研究所附属衝撃波研究センター
教授 高山和喜

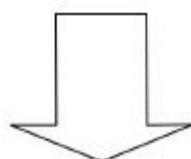
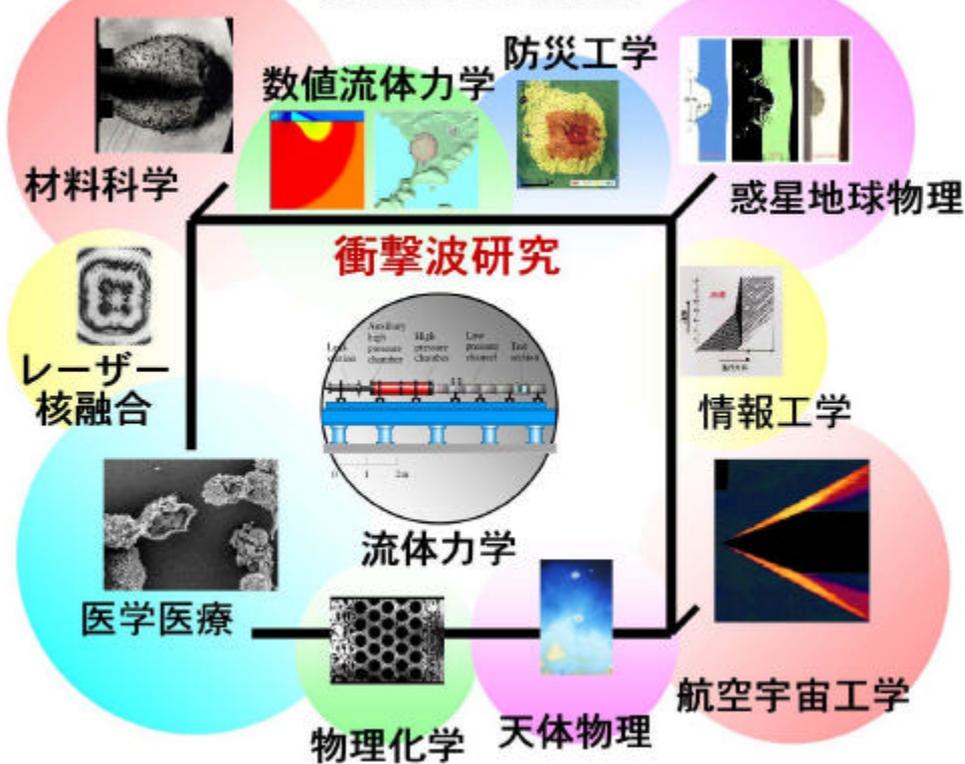
022-217-5285

<http://rainbow.ifs.tohoku.ac.jp/~coe>

目次

(緒言)	1
衝撃波研究の関連分野	2
1. 研究目的及び当初計画	3
1.1 研究目的	3
1.2 当初計画	3
2. 研究進捗状況	4
2.1 研究の現状と成果	4
2.2 複雑媒体中の衝撃波現象の解明	4
2.3 実験装置・計測法および数値シミュレーション法の開発	7
2.4 衝撃波学際応用、衝撃波医療	10
2.5 衝撃波学際応用、地球物理	12
2.6 産業応用への衝撃波研究	13
3. 拠点形成の考え方	15
3.1 当初の考え方からの相違点	15
3.2 基礎研究と応用研究から実用研究へ、衝撃波コンソーシアム	15
3.2 研究組織	16
3.3 主な購入備品	16
4. 研究機関の支援状況	17
4.1 施設設備の整備状況	17
4.2 国際シンポジウムの開催	17
4.3 国内シンポジウムの開催	18
4.4 当初計画からの変更点	19
4.5 平成16年度の研究計画	19
5. その他	20
5.1 アジア・太平洋衝撃波研究会会則	20
5.2 衝撃波エンサイクロペディア	20
5.3 論文リスト	20
5.4 新聞報道等	20
資料 1	21
資料 2	22
資料 3	23
資料 4	24
資料 5	27
資料 6	30
資料 7	36

普遍性と固有性



新しい分野の創成

衝撃波医療

先導的航空宇宙推進

地球環境科学

情報科学

1. 研究目的及び当初計画

1.1 研究目的

衝撃波は非線形波動に普遍的に現れる現象で、宇宙空間での壮大な規模から水中気泡の崩壊など微小規模まで広い範囲に現れ、人為的な衝撃波現象は爆発、超音速飛行、高速物体の衝突また我々の日常生活の様々な局面にあらわれます。また、衝撃波に類似する現象の存在が認められ、その数理モデルの構築は重要な研究事項となるなど、衝撃波の研究は学際領域を横断する研究分野となっています。一方、実験技術、スーパーコンピューテーションの発展に伴って、従来不可能とされた複雑媒体中の衝撃波現象の解明が可能となりました。

本研究では

- (1) 複雑組成からなる媒体、
- (2) 化学変化、相変化を伴う媒体
- (3) 複雑境界に支配される衝撃波現象、
- (4) 極端に非定常な衝撃波現象の基礎

を究明し、その学際応用への展開を目指し、新しい学問領域を確立します。

本研究は、様々な複雑媒体と境界条件を対象に、製作した各種衝撃波管や微小爆発装置などを用いて衝撃波を発生し、これを先端的なレーザー援用計測とスーパーコンピューテーションの結果とを対比させ、その学理を明らかにし、成果を体系化して様々な学際応用に発展させることを特色としています。

衝撃波現象解明の成果を多様な学際領域研究に展開できることを実証しその可能性を追求する試みは新しい衝撃波学際研究領域の形成に繋がります。

特に、当初研究計画からの大きな変更点はありません。

1.2 当初計画

基礎研究と学際応用

- (I) 複雑媒体中の衝撃波現象の解明
- (II) 複雑媒体と衝撃波の干渉過程の計測法の開発と衝撃波医療の確立
- (III) 複雑媒体中の衝突を伴う衝撃波
- (IV) 火山噴火機構の解明と火山防災への準備
- (V) 隕石衝突と衝突孔
- (VI) 衝撃波類似現象の解明

2. 研究進捗状況

2.1 研究の現状と成果

平成 12 年 3 月 21 日に衝撃波学際研究拠点実験棟が完成し、ここに全長 5m の高圧室と視野 1m の測定部を備えた大型衝撃波管を設置して空気中でマッハ数 2 からマッハ数 18 までの衝撃波を発生します。飛行体の射出速度 0.3km/s から 8km/s の二段式軽ガス銃に直径 1.7m 全長 12m の回

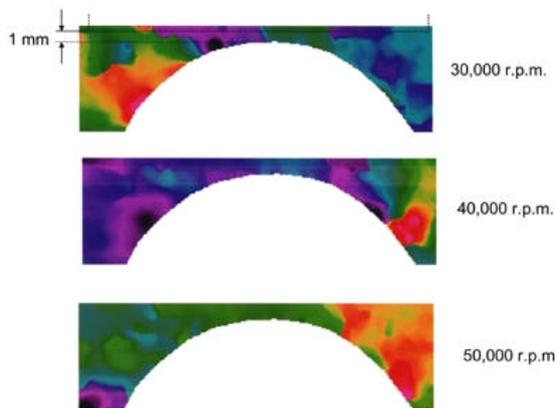
収部を接続した弾道実験装置を設備し、気体、液体、混相媒体中の高速飛行を実現しています。また、直径 1m のシュリーレン鏡を導入して大視野での高精度光学可視化を実現しています。また、構造 / 非構造格子による三次元粘性数値解析法の開発が進行中で、コンピューターを援用した画像処理法を開発し、有限干渉縞画像のフーリエ縞解析、位相変位ホログラフィー干渉計法などの計測法が実用に供されています。

以上の基礎研究の成果を背景に、地球物理、衝撃波医療など衝撃波学際研究が進行中です。

2.2 複雑媒体中の衝撃波現象の解明

(1) 衝撃波の基礎的挙動

- くさびを過ぎる衝撃波の反射が正常反射と呼ばれる形態からマッハ反射へ遷移する現象の解明は衝撃波研究の基本です。従来、この衝撃波の反射形態は自己相似と信じられていましたが、くさび表面で衝撃波背後に発生する境界層の効果によって反射衝撃波の遷移はレイノルズ数によって支配され、自己相似性の仮定が成り立たないことを精密な実験と精緻な数値解析によって初めて明らかにしています。これは空気力学の教科書の記述を根本から書き直す発見です。
- 曲面を過ぎる衝撃波の伝播と反射にも同様の傾向が現れることを実験とまた数値模擬で明らかにし、反射衝撃波の遷移に現れるレイノルズ数効果を定量的に明らかにしています。これは工学的な衝撃波利用、例えば、超音速器の空気取り入れ口的设计など重要な応用につながる基礎的なデータベースです。
- 航空宇宙研究所角田宇宙推進技術研究センターとの縦型衝撃波管を用いて、衝撃波が作用する球の非定常抗力を定量的に計測することに初めて成功し、また、実験結果を数値模擬と比較してその理由を明らかにしています。この結果は、粉塵気体など、多相媒体中の衝撃波伝播の研究に貢献します。
- 微粒子を含む媒体中の衝撃波伝播モデルを確立し、粉塵気体中でくさびを過ぎる衝撃波の反射過程を数値解析的にまた実験的に明らかにしています。また、無隔膜縦型衝撃波管を設計製作して、その測定部にプラスチックフォーム球や小口径の鋼球を満たし、この空間を過ぎる衝撃波の減衰など三次元的な挙動を解明しようとしています。
- 物体を過ぎる渦と衝撃波の複雑な干渉過程を数値解析的にまた実験的に明らかにしています。特に渦発生に及ぼすレイノルズ数の効果を明らかにするために大型衝撃波管を導入し、大視野での実験によりこの事実をさらに詳細に明らかにしています。これはトンネル衝撃波騒音、ソニックブーム、自動車排気騒音の解明と対策の基礎研究です。
- 従来の衝撃波管は隔膜を破断して衝撃波を発生するので、衝撃波マッハ数の再現性は劣ります。この欠点を根本から改良し、衝撃波管を精密な実験装置にするために種無隔膜衝撃波管を開発、試作して、その作動特性を明らかにしています。この成果は衝撃波管の実験研究に飛躍的な発展を促します。
- 衝撃波現象の可視化計測に二重露光ホログラフィー干渉計法を導入し、定量計測に成功しています。さらに、有限干渉縞のフーリエ縞解析法、位相変位ホログラフィー法を完了させて、特に、音波と衝撃波の性質を示す弱い衝撃波の構造を物体光多重繰り返し法の導入で計測しようとしています。
- 毎分 60,000 回転する円筒の周辺速度は超音速と

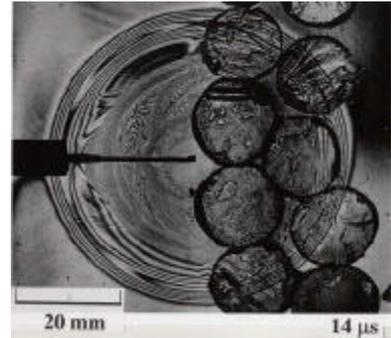


なり衝撃波が現れます。衝撃波を制御すると渦発生が可能となり、渦が作る剪断流で物体表面の微粒子を取り除くことができます。この衝撃波を利用する微粒子除去に関する基礎と応用研究が進行中であり、将来のシリコンウェーファー洗浄技術に発展できます。

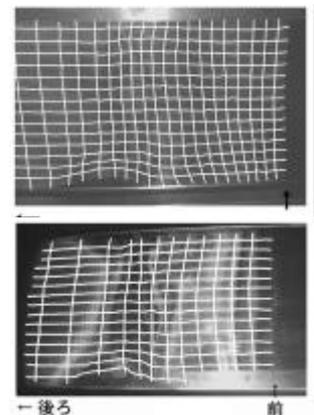
- 衝撃波背後に発生する膨張波を制御して、気体の温度を氷点下温度に下げることができます。高速回転円盤を急速開閉弁に置き換えてこの原理を実証する数値模擬に成功し、現在、装置を設計試作しました。実証試験では 20 の温度降下に成功し、装置の最適化条件を求めています。冷媒のいらない冷凍機の開発を目指しています。

(2) 複雑媒体中の衝撃波の挙動

- 非一様媒体として水中に分布させた人工イクラ、寒天球、一枚あるいは複数枚重ねたガーゼおよび気体層を持つ薄膜に微小爆発で発生した球状衝撃波を作用させ、その減衰を計測し、またホログラフィー干渉計法での可視化計測から、衝撃波の挙動を明らかし、同時に数値シミュレーション結果との比較を行っています。これらの知見は生体中の衝撃波伝播を模擬するときにより重要となる基礎のデータベースになります。また、衝撃波医療で、脳を衝撃波の被爆から防ぐ方法の開発につながります。

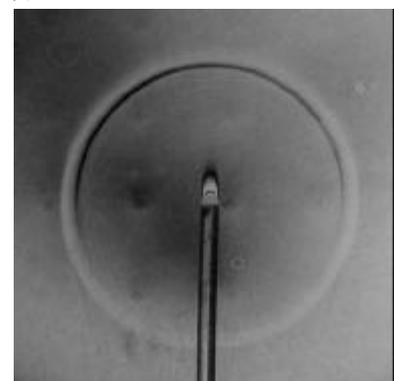


- 水中および気中で微小爆薬を爆発させて球状衝撃波を発生させる技術を確認し、パルスレーザー光照射で起爆する方式の有効性と、円筒状爆薬にレーザー光を照射する位置の違いによって発生する球状衝撃波の初期形状が異なることを明らかにし、また、起爆最小エネルギーを求めることに成功しています。また、微小爆発と大規模爆発との間に相似則が存在することを示し、マイクログラムの微小爆薬をレーザー光照射で点火して、極微小規模の衝撃波を発生する技術を確認しています。この極微小量のエネルギーを制御して解放し、ナノテクノロジーに衝撃波の動力学を導入しようとしています。



- オープンセルポリウレタンフォームへの衝撃波負荷は複雑媒体への衝撃波研究のベンチマークテストです。フォームや粒子状物体を過ぎる衝撃波の挙動とフォームの変形を二重露光ホログラフィー干渉計法およびスペckルホログラフィー法で明らかにすることに成功しています。二次元数値模擬の開発が進行中です。特に、衝撃波負荷でのウレタンフォームの変形は縦型衝撃波管と横型衝撃波管にとり付けた場合で用いる非常に異なることが初めて明かされました。また、この成果は骨に衝撃波を負荷した場合の模擬実験につながっています。

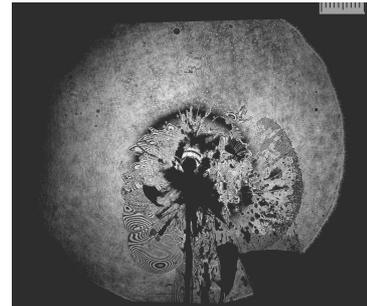
- 金属および複合材料中にプラスチック飛行体が 4-5km/で衝突するとき、衝突の瞬間に発生する温度を熱分解するプラスチックの炭素と空気中の窒素からなるシアン紫外域の発光から分光分析によって推定し、約 9,000K となることを明らかにしています。また、金属あるいは複合材料に飛行体が高速衝突するとき電磁波の発生を確認しています。これは、固体中で超音速の歪み速度で亀裂が非常に高速に成長することに連動して起こる実在効果と考えられます。この種の実験法では非常に良く時空間が制御できるので、衝撃波研究と破壊力学との複合分野の研究として適当です。高速飛行体と標的の斜め衝突は角度によって衝突孔の形成やデブリ雲の形状は著しい影響を受けます。これらの結果から、高性能なスペースデブリバンパーシールドの設計データが得られます。



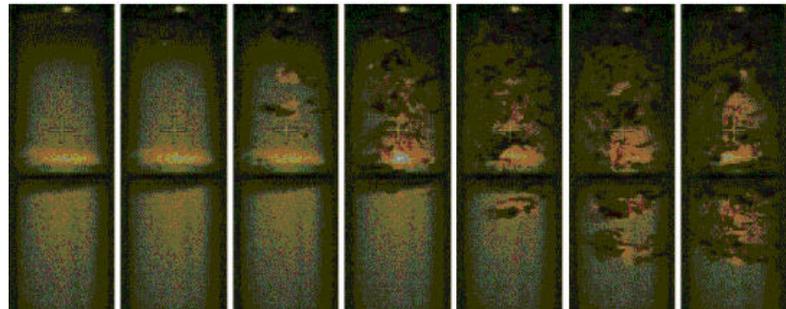
- 先端をレンズ状に成形した直径 0.6mm のガラスファイバーを通してパルスホロミウムヤグレーザー光を水中に導き収束させてマイクロな衝撃波の発生に成功しています。このとき発生する気泡と衝撃波の特性を解明して、レーザー光導入法が衝撃波医療に有効な手段となることを明らかにしています。後に示すように、レーザー光をエネルギーとする衝撃波発生法は医療応用など新分野への展開が期待されています。
- 極低温液体中にレーザー光の収束で微小衝撃波を発生する装置を設計製作し、その初期特性を計測しています。この装置は、量子効果を示すヘリウム II 温度を実現できるので、今後の実験の成果が期待できます。また、この装置を冷凍機として用いて固体メタン、固体窒素、固体アルゴンを作り、二段式軽ガス銃と組み合わせてこれらの物質の衝撃圧縮特性を求めることを計画中です。

(3)高粘度媒体中の衝撃波、気泡と衝撃波の干涉

- 高粘度シリコン油および高粘度水飴中で微小爆薬の爆発で衝撃波を発生し、その様子をホログラフィー干渉計法で可視化し、高粘度水飴では亀裂伝播を伴い強い粘弾性効果を示すことを明らかに示しています。また、高粘度シリコン油中ではこのような粘弾性効果は認められません。
- これら高粘度液体中での気泡と衝撃波の干涉もまた粘弾性効果によって異なることを明らかにしています。
- 上記二つの研究成果を土台に粘弾性媒体が衝撃波あるいは膨張波負荷によって破壊する機序を実験的に明らかにしています。特に、この知見は火山の爆発的噴火でマグマが微細化して火口から吹き出す過程を模擬する重要な手段となります。媒体には粘弾性プラスチック、水飴、水ガラスなどを用いています。



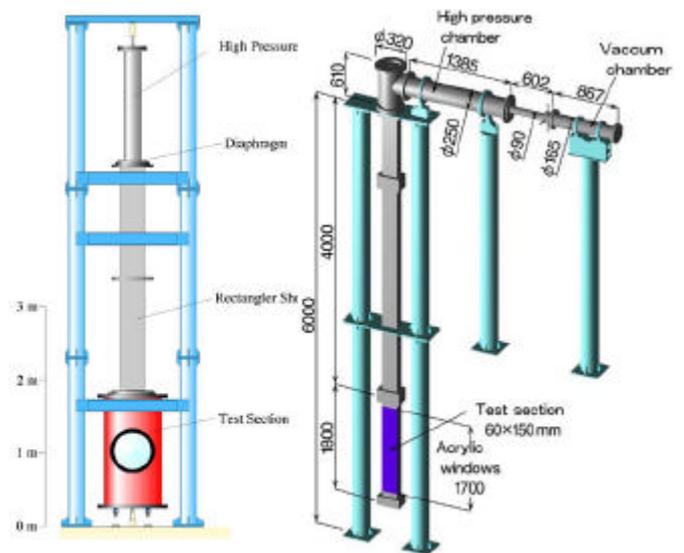
- 水や高粘度媒体中にその音速を遙かに超える細長物体を打ち込んだとき、物体周りにはスーパーキャビテーションが現れます。この現象を実現するための高速飛行体打ち出し装置を導入し、試験槽を試作して細長物体を水中に 1.7km/s で打ち込んで物体まわりのスーパーキャビテーションの発生を可視化に成功しています。



2.3 実験装置・計測法および数値シミュレーション法の開発

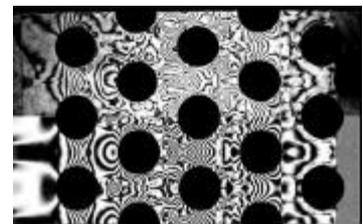
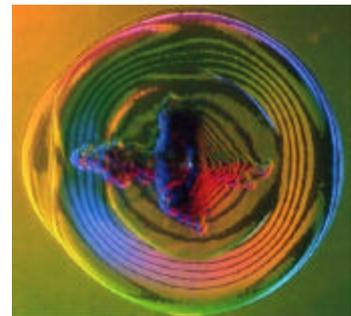
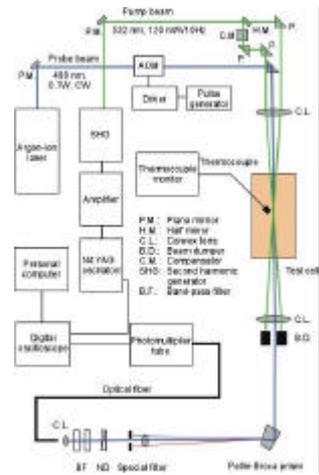
(1)実験装置・計測法及び数値シミュレーション法の開発

- 断面 300mm x 300mm および 60mm x 150mm の二種類の縦型衝撃波管を設計・製作して、その特性を明らかにし、球など粒子状分散媒体、フォームあるいは多孔媒体中の衝撃波伝播に関する定量的な実験が可能になりました。また、穴あき板を縦型衝撃波管の上部から落下させ、その背後から流れるコヒーレントな乱流に平面衝撃波を作用させ、衝撃波と乱流の干涉を PIV 法あるいはスペック



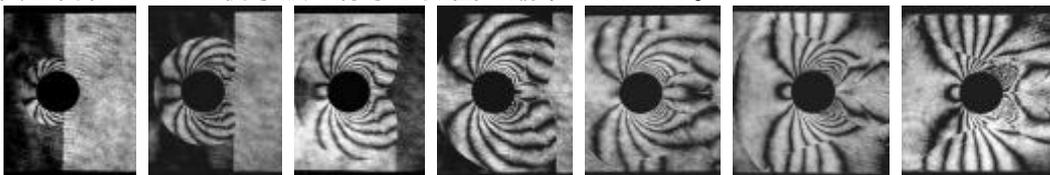
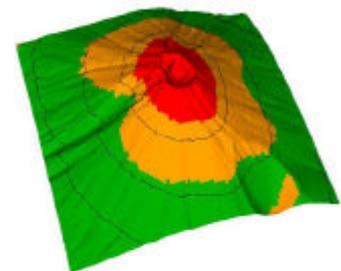
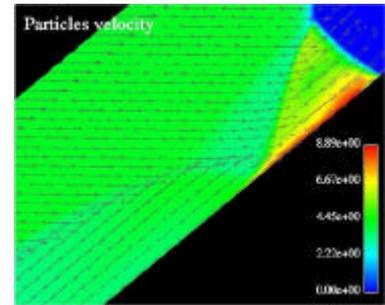
ルホログラフィー法を用いて定量的に計測しています。

- この衝撃波管で従来の風洞での乱流場に勝る定量的な流れ場を発生できます。将来の精密流体実験法として評価されるものと確信しています。断面 300mm x 300mm 衝撃波管に加速度計を内蔵した直径 80mm の球を中心軸に沿って吊し、これに平面衝撃波を作用させたときの非定常抗力の計測に初めて成功しています。その結果、非定常抗力は極大値を示し、その後負の抗力ないし極小抗力を示し、やや時間経過後に定常流れの抗力に漸近することがわかりました。これは初めて見つかった実験結果で、衝撃波を伴う固気二相流れの数値モデルに採用されている球形の固体微粒子の抗力係数を設定する条件に全面的な見直しが必要なことを示しています。
- 液体窒素、液体アルゴン、ヘリウム およびヘリウム 中にガラスファイバーを通してパルスレーザー光を導き集光させて衝撃波を発生する技法を開発しています。この方法を用いて極低温液体中の衝撃波研究は非常に容易になり、ホログラフィー干渉と組み合わせ定量計測を実施しています。
- NASA ラングレー研究所との共同研究の一環として水中衝撃波背後の温度上昇を非接触的に計測しようとしています。非常に強い水中衝撃波背後の状態は比較的良好に分かっていますが、音波に近い弱い水中衝撃波の性質は良く分かっていません。衝撃波医療応用では、この種の弱い衝撃波の振舞いが重要な役を果たしています。正確に温度上昇を計測し、また、この方法を用いて水中衝撃波の厚さを推定することも可能で、水中衝撃波の厚さが実験的に求めることは衝撃波の科学の飛躍的な発展につながります。予備実験では、水中温度を非接触的に正確に計測することに成功しています。この方法では、水中で高繰り返しパルスレーザー光を交差させ、その交点での熱音響効果から水中音速を求め、水の温度と音速の関係から衝撃波背後の温度を非接触的に計測します。これは画期的な計測技術で今後の水中衝撃波の医療応用に飛躍的な発展を促します。
- ホログラフィー干渉計法とカラーシュリーレン法とを組み合わせ、複雑な衝撃波現象の解明に有効な従来にない計測法を確立しています。
- カラーシュリーレン法の画像を高速で記録するために、CCD 素子を用いた高速画像記録装置を設計しています。これは従来のクラッシュカメラのフィルムを CCD 素子に置き換えたものですが、技術的な工夫と画像処理法に創意が盛り込まれています。さらにこの方法を拡張して、記録速度毎秒 500 万コマ、記録コマ数 150 のカラー高速カメラの試作に結び付けようとしています。
- 直径 1m のシュリーレン鏡を導入して、大きな視野での衝撃波管実験を行い、従来の実験精度では得られなかった様々の衝撃波の振る舞いを明らかにします。特に、大型縦型衝撃波管の試験気体中にコヒーレントな乱流構造を発生することに成功し、一般的な光学可視化ばかりでなく衝撃波と乱流の干渉の可視化に画期的な実験法となっています。
- 非球面レンズ形状の衝撃波管測定部および球状空間を設計製作して、その中に現れる各種の衝撃波現象をホログラフィー干渉計法で可視化計測することに成功しています。特に、球状空間で収束する球状衝撃波の可視化は不可能とされていましたが、これは初めての成功で、今後の実験研究に貢献するところ少なくないと考えています。



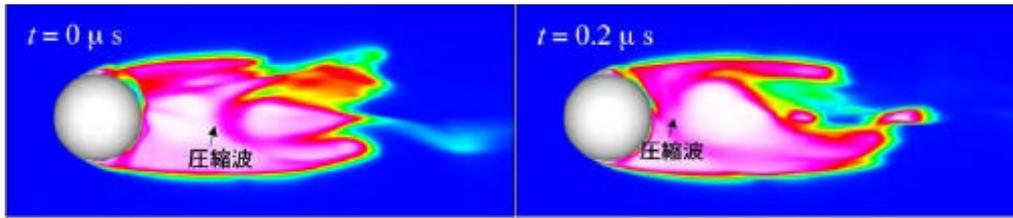
(2)数値シミュレーション法の開発

- 球列および円筒列を過ぎる衝撃波の減衰など複雑境界を過ぎる衝撃波現象の模擬および大規模爆風伝播の模擬に有効な構造格子および非構造格子差分法を用いる数値計算法を確立し、実験結果と対比して良い一致を得て、数値計算法の信頼性を検証しています。
- 微粒子を含む気体中の衝撃波伝播の数値解法を開発し、また、微粒子の取り扱いに関する数理モデルを見直しています。特に、固体粒子の数密度が非常に高い場合の非定常抗力係数や微粒子間の相互干渉など、従来の仮定を見直す必要があります。微粒子浮遊気体中に置いたくさびを過ぎる衝撃波の反射過程では、従来の数値計算モデルとは部分的に異なる結果を得ています。現在、この計算結果を検証するために縦型衝撃波管実験の整備が進行中で、まもなく、実験と数値解との検証が行われます。
- 分子動力学の手法で液体アルゴン中の衝撃波の厚さを求めようとしています。8 次のシンプレクテック法を用いて計算法の精度を向上させ、厚さ 10nm を得ています。この数値は水中衝撃波の医療応用で、細胞と衝撃波の干渉を解明する重要なデータベースとなります。
- 巨大隕石の衝突を模擬する数値解法を開発しています。この事象では、非常に強い水中衝撃波が非常に広い海域を伝播し、海中生物の大半が瞬時に絶滅した可能性を示唆する結果になっています。計算結果を斜め軽ガス銃の実験と対比して、水と地殻との相互作用、海底堆積物と衝撃波背後の粒子速度との干渉を明らかにする装置の特性を明らかにしています。
- 爆発的火山噴火の初期段階では衝撃波が素過程を支配しています。国土地理院の地形図や数値地図から火山の三次元形状を数値計算格子に読み取って、また、噴火形態を衝撃波管モデルに置き換えて、発生する衝撃波伝播を三次元大規模数値解析で模擬しています。既に、雲仙普賢岳、阿蘇中岳、櫻島火山、岩手山の噴火を数値模擬し、爆風伝播から被害予測図を作成しています。富士山が噴火した場合の災害予測図を作成中です。なお、噴火の形態を明らかにするために、阿蘇中岳の噴火口に圧力変換器を取り付けて、実際の噴火で起こる爆風を実時間でその場計測する準備を完成し、噴火を待っています。
- 高い再現性の衝撃波管を用いて、繰り返し実験で得られた時系列的な可視化結果にコンピューターで支援した画像処理を施して編集してアニメーション表示する方法を完成しています。高速写真では、画像の空間解像度が劣り精密な記録波できないとされていました。この方法には衝撃波と高速流れを高い空間解像度で記録できると言う、他の方法にはない、長所があります。様々の衝撃波実験にこれを適用して衝撃波の動的挙動ばかりでなく、衝撃波と流れの微細構造の解釈に特段の成果を上げています。これは独創的な表示法であるばかりでなく、現代の情報化社会での衝撃波データベース公開法として有効です。下の時系列的な写真は円柱を過ぎる衝撃波の様子を動画に編集しています。



- 気泡と衝撃波干渉の数値解法を確立し、二段式軽ガス銃で発生したスーパーキャピテーションの数値模擬に適用しようとしています。これは複雑媒体中の典型的な衝撃波現象です。図は 60m/s の水流中の球背後に現れる蒸気キャピテーションの数値模擬です。高速な膨張収縮に伴

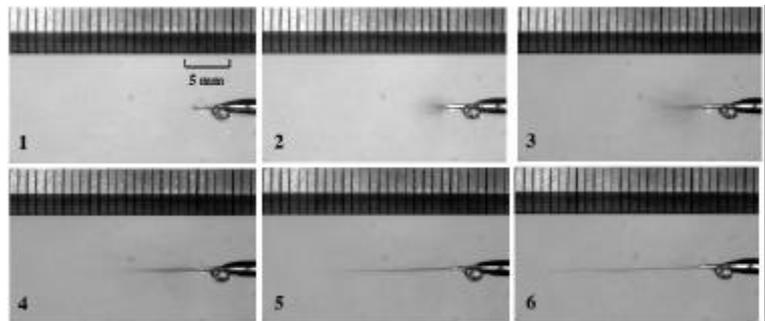
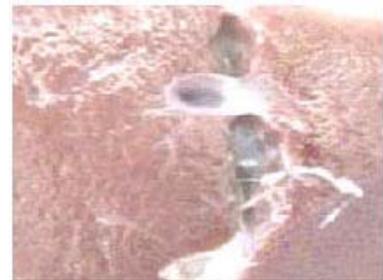
う複雑な波動伝播が認められます。



2.4 衝撃波学際応用、衝撃波医療

(1) 高速水ジェットの利用

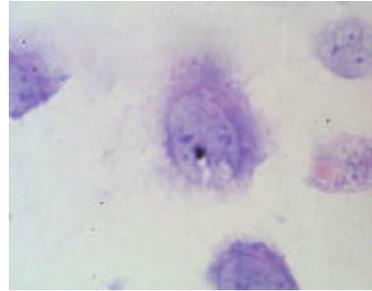
- 以下の研究は、医学者との学際共同研究で実施されています。脳血栓血行再建術の臨床応用に関する研究は、当初の微小爆薬の水中爆発で発生した衝撃波を用いる原理の実証が終わり、基礎原理も実証でき動物実験も完了し、現在では、エネルギー源を微小爆発からホロミウムヤグレーザー光を光ファイバーで導入する方法に移行しています。光ファイバーをカテーテルに組み込んでその中でレーザー光収束させて気泡を作り、その排除効果でカテーテルの先端から高速水ジェットを発生して血栓に作用させて、非常に短時間で血栓を掘削して血行を再建することに成功しています。この装置の先端に内径0.9mmの延長部を取り付けて、中大動脈の血栓を処置できるようになりました。また、極微量の血栓溶解剤を併用して栓子の飛散を防ぐなど実用を視野に入れた装置開発が進行中で、この研究は間もなく臨床装置と完成させ修了します。
- Qスイッチホロミウムヤグレーザー光を光ファイバーで水中に導き、高速水ジェットを発生できました。この水ジェットを空気中で解放と、生体軟組織に作用させると、非常に良く制御された水ジェットメスの機能を示すことが分かりました。このジェットメスを豚肝臓の切除に応用したとき、肝臓実質を破碎切除するが直径0.2mm以上の毛細血管を保存することを確認しました。現在、小口径水ジェット発生最適化の開発研究が行われています。近い将来、治療装置として、肝臓腫瘍、脳腫瘍の手術に応用しようとしています。この装置は、臨床使用で出血もなく水量も僅かなので、手術野が確保されるなどの長所を有しています。
- エネルギー源としてQスイッチパルスレーザーを用いると、簡便な治療装置とはならないので、 piezoelectric素子のアクチュエーターを用いてレーザー利用と同様な特性を持つ水ジェットを発生できることを見つけました。現在、この装置の諸元を最適化して臨床装置開発の研究が進んでいます。また、原理が明らかになったので、各種のジェット発生機構を用いて、簡便な水ジェットメスや血栓破碎装置の可能性が明らかになっています。これは今後の医療に飛躍的な発展をもたらす概念であると思われる。
- 体外衝撃波を長管骨に作用させて、偽関節治療や骨成長を促進することが知られています。脳



外科の手術後、頭蓋骨の癒着不全、新生児の頭蓋骨成長不全などを治療するために、Qスイッチパルスレーザー光照射で発生した衝撃波を作用させて、頭蓋骨の成長を促進する治療法の開発が行われています。研究は未だ予備実験的な段階ですが、今後の展開が期待できます。

(2) レーザーアブレーションドラッグデリバリー法

- パルスレーザー光を金属膜に照射すると、金属面はアブレーションを起こしプラズマが発生し、その反作用として金属中には衝撃波が駆動されます。衝撃波はアルミ中では5km/で伝播し反対面で反射します。このとき膜面は非常に高速で張り出して、変形速度は容易に数km/に達します。この原理を援用して、もし、粒状の薬剤や遺伝子を付着させた金属粒子を金属膜面に取り付けば、この高速ではじき飛ばしてその慣性で体内に導入できます。これは新しいドラッグデリバリー法で、1ミクロンの金およびタングステン粒子を鼠肝臓細胞に最深6mm貫通させています。この手法をさらに精緻にして、内視鏡に組み込んで臨床治療装置に発展させようとしています。特に、金属粒子に遺伝子を貼付けると遺伝子導入法に応用できます。写真は溶液中の遊離細胞で、その中に見える黒い点は1ミクロンのタングステン粒子が貫通した結果です。また、直径1ミクロンの微粒子が速度2km/で移動するときの流れは極超音速ストークス流れと分類され、今後の研究課題です。



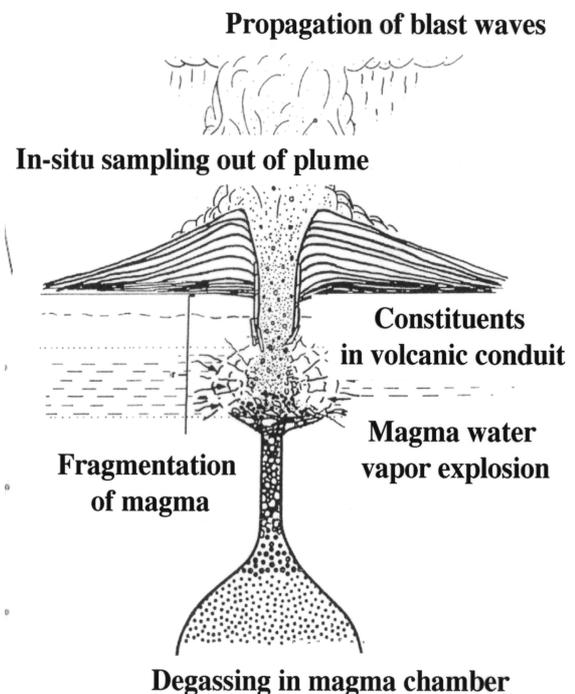
(3) 衝撃波ガン治療

- ガン細胞が衝撃波照射で穿孔される事実を解明する実証実験が進行中です。遊離腫瘍細胞を含む溶液中にパルスレーザー光を収束させて衝撃波を発生し、細胞膜の穿孔と抗がん剤取込みの機序を解明しています。

2.5 衝撃波学際応用、地球物理

(1) 爆発的火山噴火

- 爆発的火山噴火の素過程は、非常に短時間に大量のエネルギー移動が関与しています。数値模擬で噴火の災害予測図を描く準備を完了させています。特に、その初期条件を求めめるために、阿蘇中岳に圧力計を設置しています。以下の研究は、火山学者との学際共同研究によって実施されています。また、衝撃波研究が爆発的噴火に重要な寄与を与えていることを強調しています。マグマ水蒸気爆発の素過程では、高温のマグマに地下水が接触して瞬間的なエネルギー移動を促進し、マグマが微細化するモデルを提唱しています。このために二段式軽ガス銃を用いて高温融体を水の音速を超える速度で水中に打ち込む実験の実行を目指し準備を完了させ、また、数値模擬を確立させています。
- 火道でマグマが微細化される過程のモデル化を目指して、顕著な粘弾性を持つプラスチックを高圧下で含気性を持たせ、これに膨張波を作用させたときの挙動を詳細に計測しています。その結果から、粘弾性体中の波動と破砕面の伝播を明らかにしました。これは今後の噴火機序

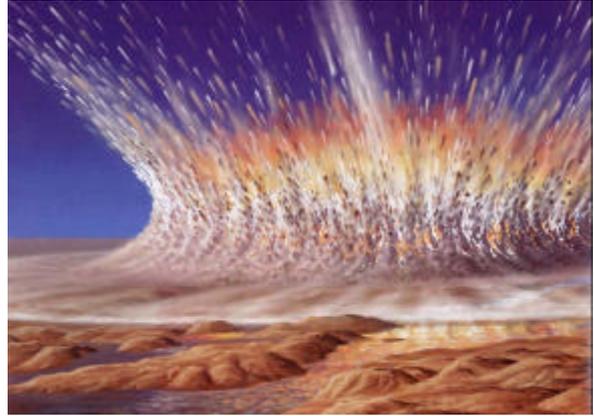


の研究に大きな指針を与えます。

- 水飴の動粘度は高くマグマを模擬できる粘弾性体です。水飴の中で微小爆発実験を行い、衝撃波と爆発生成気体の挙動を高速ビデオ撮影法で詳細に観察しています。水飴では、動粘度が高くなるにつれて、爆発生成気体の成長は抑制されて、亀裂発生が顕著になることを初めて明らかにしました。一方、同じ動粘度のシリコン油では、この特異性は認められませんでした。

(2)巨大小惑星衝突

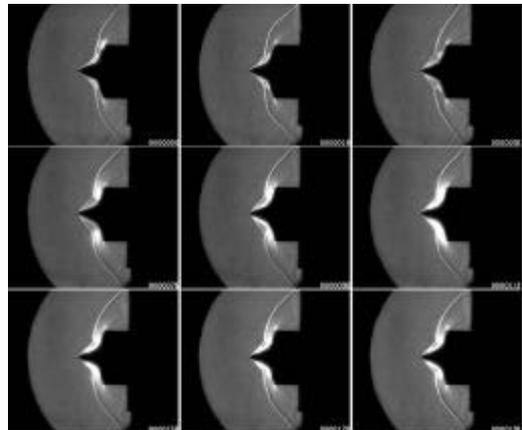
- この研究は古生物学者、堆積物学者、地震学者など地球科学者との学際共同研究によって実施されています。巨大小惑星衝突は地球の地質年代に区切を与え、また、生物大量絶滅の原因となり、生物の進化全体に決定的な影響を与えました。生物大量絶滅には、漸近的な環境変化など地球物理の観点での原因が提唱されているが、水中衝撃波など、破滅的な原因は全く無視されています。衝撃波学際研究の一環として、巨大惑星衝突で発生した強い水中衝撃波が海洋の広い領域を伝播して、海洋生物を絶滅させたことを数値シミュレーションによって明らかにしています。これは今後の地球理の分野に新しい解釈を与えています。
- 有孔虫は海底の堆積物の中に生息するので巨大小惑星衝突でも水中衝撃波が有孔虫に対して致命的な影響を与えなかったことを、海底から採取した有孔虫に微小爆発で発生した衝撃波を作用させて、生存の可能性を一応実証しています。なお、衝撃波過剰圧とインパルスとの関係などつめるべき問題点を明らかにしています。
- 海洋生物に対して致命的な強さを持つ水中衝撃波の背後には、1m程度の流速を生じます。この流速によって、海底の堆積物舞い上がり衝撃波が通過した海洋は堆積物のヘドロに覆われ、海水が清浄になるまでに相当時間を要したと推定されます。このことは3,000年前に地中海でサントリーニ島の噴火津波で発生したことが知られています。津波伝播に伴い海底堆積層に再構成の跡が認められています。このことは津波ではなくて水中衝撃波に起因することを、アナログ実験によって実証し、さらに一般化しようとしています。



2.6 産業応用への衝撃波研究

(1)航空宇宙

- 自由ピストン衝撃波風洞で、澱み点エンタルピー5MJ/kgの極超音速流れを発生し、ノズル特性とノズル流れ中においた二重円錐まわりの流れを詳細に明らかにしています。特に、極超音速域での境界層剥離と凹面を過ぎる流れの不安定現象を初めて明らかにしています。なお、この研究は、航空宇宙技術研究所、インド科学研究所航空科との共同で実施されました。
- 自由ピストン衝撃波風洞は、宇宙船の大気圏を模擬できる地上実験装置です。この装置は衝撃波管技術を応用して運転されています。特に、その特性開発は重要な研究課題で、衝撃波を駆動するヘリウムが試験気体に流れ込むいわゆる駆動気体汚染を定量的に観察し対策を確立するために、衝



撃波管形状を非球面レンズ形状にし二重露光ホログラフィー干渉計法によって詳細に明らかにしています。

- 宇宙船の大気圏再突入では、空力加熱から宇宙船を守るために宇宙船の前面に耐熱タイルを貼付けています。このような極限の熱伝達を実験的に明らかにすることは、なお重要な基礎研究です。そのために機械加工可能なセラミックス円柱上に白金薄膜熱流速計を取り付けて、衝撃波を負荷したときのヌッセルト数の時間変化の計測に初めて成功しました。今後、衝撃波マッハ数を高めた計測を目指します。

(2) 衝撃波騒音

- 自動車エンジンの排気は伝播とともに弱い衝撃波に成長することが知られ、また、新幹線電車が長大トンネル中で弱い衝撃波を発生することが知られています。一方、弱い衝撃波が音波に移行する過程、圧縮波が衝撃波に成長する過程には、未だ検証すべき課題が残されています。しかし、弱い衝撃波の挙動を定量的に解明するために空気中でマッハ数 1.001 から 1.05 を実現できる衝撃波管を設計し、その特性を明らかにしています。

(3) 大規模爆風伝播と閉空間内の爆風伝播

- 過去の爆発事故の衝撃波研究の視点から解析を試みています。宇宙科学事業団でのロケット打ち上げ時の指令破壊であられる弱い衝撃波が、伝播し減衰する過程を数値シミュレーションとアナログ実験で実証しています。また、温度成層のある媒体中の爆風伝播では、温度成層の影響は無視できることを明らかにしています。
- 核燃料サイクル機構において放射性廃棄物のアスファルト固化過程で起こった爆発事故を縮小モデルで再現し、数値シミュレーションとの対比から爆発を再現する試みでは、事故原因を特定できる手がかりを導いています。

(4) 板硝子爆風強度

- 風冷強化硝子の製造過程には、ノズルに発生する不足膨張流れの衝撃波が重要な寄与を果たしていることを明らかにしています。
- 衝撃波研究が産業要素技術につながることは既に知られていますが、板ガラス協会では、テロなどでの爆風に対する板ガラスの強度を国際基準規格化するために、日本案を提示し、積極的に関与することになりました。本研究はこれを支援することを目指して、300mm x 300 mm 縦型衝撃波管を設計・製作し、この特性を解明しています。

3. 拠点形成の考え方

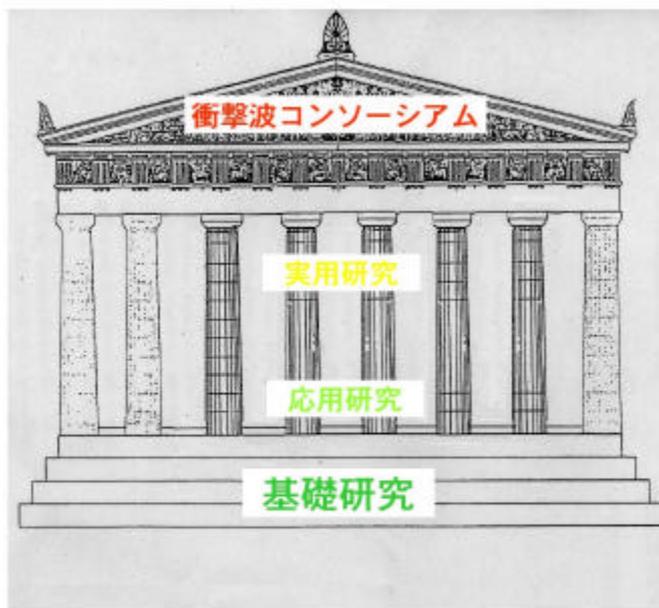
3.1 当初の考え方からの相違点

特に変更点はありません。ただし、当初は基礎研究を進め、同時に応用研究を年度内に完了させることを目指しましたが、実際には、5年間の研究期間中に研究努力の80%は基礎の解明に、20%を衝撃波医療と地球物理を中心とする応用研究に向けることになりました。拠点形成が終了した後に、応用研究とさらに実用を目指す組織に変換し、拠点研究を発展させることが適当であること、また、この拠点研究を支援する時限附属施設「衝撃波研究センター」を、本拠点研究と融合させて改組することになりました。

平成元年度・三年度に活動した重点領域研究「衝撃波現象の解明」が契機となって、平成元年に日本衝撃波研究会が発足し、さらに、本研究拠点の活動が原動力となって、後に述べるアジア太平洋衝撃波研究会準備委員会が設立されました。第一回の代表者会議を平成14年3月仙台で開催し、平成14年11月に正式に活動を開始しています。また、第二回代表者会議を平成15年3月仙台で開催し、一年経過後のアジア各国での組織づくりの報告、研究活動の現状の報告と、当面の事務局を仙台におくこと、規約会則の制定を話し合っています。この組織は、本拠点形成時には、国際衝撃波研究会へ発展し、本拠点をさらに整備して国際衝撃波研究拠点へ飛躍させるようにこの要請もありました。また、これが本拠点活動終了後の目に見える成果であろうとも考えています。衝撃波研究を含む学際研究課題を21世紀のCOEに応募して、今後の活動を持続したいと願っています。

3.2 基礎研究と応用研究から実用研究へ、衝撃波コンソーシアム

実験と数値模擬との密接な融合
先導的光学可視化法の開発
大気圏再突入の熱防御法の確立 スペースデブリ防御法の確立
衝撃波医療の確立 衝撃波利用の低侵襲的癌治療の確立
火山噴火機構の解明と予知
海洋生物大量絶滅の地球史の新解釈
慣性核融合界面不安定現象の解明 超新星爆発の内爆衝撃波波面の不安定
衝撃波類似現象のモデルの確立
衝撃超高压利用技術の確立



国際的かつ学際的な衝撃波研究拠点の形成！

3.3 研究組織

研究組織の変更については [別添資料1 参照](#)。

研究組織の研究者間の研究協力体制は整備されています。常時、電話やファックス、電子メールでの研究連絡を密に行い、他大学との共同研究者とは、学会、その他の研究集会特に衝撃波シンポジウムなどで情報交換と研究連絡を取り合っています。また、国内外の大学研究機関から研究者や院生を仙台に比較的長期間派遣しての共同実験も実施しています。中でも、地球物理学、医学

部の共同研究では、研究者の長期派遣による実験が実施され、本研究計画の駆動源となっています。また、実験装置が整備された平成15年度からは共同研究実施をより強化し、推進しようとしています。

3.4 主な購入備品

主な購入備品については、[別添資料2 参照](#)。

4. 研究機関の支援状況

4.1 施設設備の整備状況

平成13年3月に、工事費および設備費1億8千万円で、衝撃波学際研究実験棟が完成し、基礎と学際応用研究を推進しています。



衝撃波学際研究拠点

4.2 国際シンポジウムの開催

極超音速流れの国際ワークショップ

開催年月:平成 12年 8月 25日

仙台において開催の極超音速流れの国際ワークショップで、この研究分野で著名な7名の研究者を招聘し基調講演を行った。

参加者: 国外 15名、国内 30名

第24回国際高速度撮影とフォトニクス会議

開催年月:平成 12年9月 23-29日

仙台において開催の第24回国際高速度撮影とフォトニクス会議に衝撃波現象の計測セッションを付属させ、衝撃波の先端計測に関する今後の研究動向を決める重要な情報を収集した。

参加者: 国外 140名、国内 140名

第14回国際マッハ反射シンポジウム

開催年月:平成 12年10月 1-5日

仙台において開催の第14回国際マッハ反射シンポジウムで、衝撃波のマッハ反射と衝撃波の一般的な挙動に関する基礎研究の成果に関する最新の情報交換を行った。

参加者: 国外 35名、国内 20名

第53回国際弾道研究会(ARA)会議

開催年月日:平成 14年 10月 20-25日

高速飛行体打ち出し技術に関する数値解析、設計、計測、制御およびそれに関わる世界各国の研究者が最新の研究成果を発表し、情報交換を行う。この分野では、世界で唯一の研究集会である。

参加者: 世界12カ国60名;国内20名

アジア・太平洋衝撃波研究会設立に関する第2回ワークショップ

開催年月日:平成 15年3月9-11日

本衝撃波学際研究拠点が中心となって、衝撃波学際研究に関しアジア太平洋各国、北アメリカでの最新の研究成果があり、同時にアジア太平洋各国での衝撃波研究組織に関する報告がなされた。規約会則の制定、国際衝撃波研究会発足に向けた活動のあり方について話し合った。

出席者：世界10カ国(日本、中国、台湾、韓国、インド、タイ、オーストラリア、カナダ、米国、フランス、ロシア)25名

学際衝撃波研究国際シンポジウム(予定)

開催予定年月：平成16年3月

本拠点と衝撃波共同研究を実施した国内外の研究機関との最新の情報交換と共同研究の推進を目指し開催する。

予想参加者：国外50名、国内30名

4.3 国内シンポジウムの開催

本研究拠点が中心となって各年度に開催し、本拠点の研究成果の公表とさらにアジア衝撃波研究会の発足を支援し、日本がこの分野の中核となることを日本衝撃波研究会の会員に広く知らせるために、本シンポジウムの開催が必要です。

平成12年度衝撃波シンポジウム

開催年月：2001年3月8-10日

開催場所：宇宙科学研究所、相模原

平成13年度衝撃波シンポジウム

開催年月：2002年3月14-16日

開催場所：産業技術総合研究所、つくば

平成14年度衝撃波シンポジウム

開催予定年月：平成15年3月13-15日

開催場所：群馬大学、桐生

平成15年度衝撃波シンポジウム(予定)

開催予定年月：平成16年3月

開催場所：千葉大学、西千葉

4.4 当初計画からの変更点

特にありません。

4.5 平成16年度の研究計画

平成15年度の研究計画を引き続き実施します。

- 火山噴火の機構を解明し、数値シミュレーションの結果から噴火の防災地図を作製することを支援します。
- 最終年度では、上記の研究計画の成果を自己点検し達成度が満足な項目を強化し、また、特に積極的に支援することによって画期的成果につながると判断できる項目を強化します。
- 拠点研究の世界に公開するためにデータベースを構築し、国際的な「衝撃波学際研究拠点」を目指す、データサーバーの機能を完成します。
- 拠点研究の成果を世に問うために「複雑媒体中の衝撃波の解明とその応用に関する国際シンポジウム」を開催します。

5.その他

5.1 アジア・太平洋衝撃波研究会会則

本研究拠点はアジア・太平洋衝撃波研究会を設立し、その事務を担当し、その活動を国際衝撃波研究会に広げています。アジア・太平洋衝撃波研究会会則の内容は[別添資料 3](#)参照。

5.2 衝撃波エンサイクロペディア

本研究拠点は衝撃波国際ジャーナルの編集事務を担当し、また、国際的な視野で衝撃波学際応用研究の重要性を訴え、日本および諸外国より120名を超える執筆分担者を選出して、ドイツシュプリンガー社より、衝撃波研究エンサイクロペディアを出版する予定です。その目次は[別添資料 4](#)を参照。

5.3 高速度撮影ハンドブック

高速度撮影及び高速度現象の可視化研究者の最近の研究成果を土台に、COE 活動の一環として日本で最初の高速度撮影ハンドブックを出版しようとしています。[別添資料 5](#)を参照。

5.4 論文リスト

[別添資料 6](#)を参照。

5.5 新聞報道等

[別添資料 7](#)を参照。

資料1：研究組織の変更

() 書きが変更のあった者

高山和喜 井小萩利明 林 一夫 佐宗章弘 齋藤 務 小原 拓	流体科学研究所・教授 流体科学研究所・教授 流体科学研究所・教授 流体科学研究所・助教授 流体科学研究所・助教授 流体科学研究所・助教授	総括とりまとめ 気泡と衝撃波の干渉 高温岩体中の衝撃波の挙動 高エンタルピー流れにおける衝撃波計測 複雑媒体中の衝撃波の数値シミュレーション 分子動力的な手法による衝撃波の数値シミュレーション
{E.ティモフェーフ}	{流体科学研究所・助教授}	{複雑境界をすぎる衝撃波の数値シミュレーション} {H14.12.18付辞職(海外転出のため)}
谷口充宏 和田 仁 澤田恵介	東北アジア研究センター・教授 大学院工学研究科・教授 大学院工学研究科・教授	火山噴火の衝撃波工学的解明 弱い衝撃波の聴覚に及ぼす効果 実在気体効果を伴う衝撃波伝播の数値シミュレーション
吉本高志	総長・教授	気泡と衝撃波の干渉現象を利用する脳血栓血行再建術の開発
高橋 明 池田和夫 松本洋一郎 藤井直之	大学院医学系研究科・教授 金沢大学・医学部附属病院・講師 東京大学・大学院工学系研究科・教授 名古屋大学・大学院理学系研究科・教授	脳血栓血行再建術の基礎研究 生体硬組織中を伝播する衝撃波の挙動 気液混合媒体中の衝撃波の挙動 火山噴火における衝撃波の寄与に関する研究
麻生 茂 滝 史郎 三浦保範	九州大学・大学院工学研究科・教授 広島大学・工学部・教授 山口大学・理学部・助教授	大気圏再突入の空気力学 爆轟波の発生と制御 隕石衝突の空気力学的研究

7. 研究組織を変更しても拠点形成の目的・方法・拠点未来像に支障がない理由

複雑媒体中の衝撃波現象の解明を行いその結果を学際領域研究に発展させることを目指している。その将来は、高速空気力学分野のさらなる発展に加え、衝撃波医療分野の確立、爆発的火山機序の解明と火山噴煙柱のその場サンプリング法の開発などを通して噴火予知法の確立、小惑星衝突に伴う生物大絶滅への水中衝撃波の寄与の解明など、惑星地球物理学への寄与など学際領域ないし複合領域での研究への展開を目指す衝撃波学際研究センターを創設する。

ティモフェーフ助教授は COE 拠点形成研究では流れ計測に関する研究項目に参加して頂いていた。特に衝撃波現象の数値解析に関する研究に関与し、また、数値解析一般について学生の研究を指導し、同助教授の分担項目は一応完了した。同助教授は、ロシア国籍を有し、かねてカナダに移民を希望のところ、平成 14 年 12 月を持って本学流体科学研究所を離れカナダ・レイヤソン大学に転出することが決められた。

以上の事情により、同助教授は継続して本研究計画を支援する予定ではあるが、研究分担者として研究計画に参加することは不可能になったが、本プログラムの目標、方法、将来像の構想には何ら支障も変更もない。

資料2：主要な購入備品

平成14年度 契約請求調 (150万円以上の備品・消耗費等)

品名	製造会社名		契約額
品名	仕様(型・性能等)	数量	金額
高速カメラシステム	スタシフォードコンピューター オブテクス	一式	6,184,920
中赤外パルスレーザー装置	スーパーリングフォトン	一台	18,900,000
2チャンネル熱線風速計	ダンテック	一式	5,789,091
ホログラム再生用グリーンレーザー1式外3点	コヒレント	一式	6,910,470
衝撃波冷凍システム	丸和電気	一式	6,500,000
LITAシステム	西華産業	一式	39,270,000
林鋼管製 ホーニング管 12本外2点	林鋼管	一式	8,240,400
生体高分子モデリングソフトウェア	アクセルリス	一式	5,774,630
圧力センサー12台外3点	キスラー		8,820,000
セントラル・ブリーチ 1式外1点	フィックスアプリケーション アイ・エヌ・シー	一式	5,055,750
射出テストチャンバー1台12点	鈴木商会	一式	3,234,000
計			114,679,261

資料 3: アジア・パシフィック衝撃波研究会会則

(平成 14 年 3 月 8 日制定)

THE ASIA-PACIFIC SHOCK WAVE RESEARCH SOCIETY STATUTES

- i) The Asia-Pacific Shock Wave Research Society is a non-governmental international scientific body and should be steered by the Committee.
- ii) The objectives of the Society are to promote the science and practice of shock wave research in countries of the region within the Chinese standard time zone plus minus 3 hours, through the organization of an Asia-Pacific Shock Wave Symposium held periodically and other related workshops.
- iii) The Committee has power to decide on all questions regarding the organization of all such scientific meetings, including in particular the Asia-Pacific Shock Wave Symposium, but may delegate its authority to appropriate bodies on specific matters.
- iv) The Society shall adopt its own rules of procedure.
- v) The Committee shall meet during each Symposium, but may meet more often if it desires. At each Symposium, the Committee will review its composition and alter it if necessary to ensure adequate geographical and scientific distribution of its membership; the Society will also appoint, from among its members, the member of the Committee, a Chairman, a Secretary, and such other office-bearers who will serve until the next Symposium.
- vi) The Society will cooperate with other international shock wave activities such as the International Shock Wave Symposia to further the advancement of knowledge in shock wave research in the Asian region and elsewhere.
- vii) The Committee shall have power to alter these statutes as it deems necessary.

OTHER POSSIBLE OBJECTIVES

3. The dissemination of information about shock wave research in the Asia-Pacific region. This could be achieved by the workshops etc mentioned above but also by a regular newsletter or bulletin e-mailed to members.
4. The stimulation of research into shock wave related phenomena and their uses by collecting and disseminating information regarding new topics and applications or required re-assessments of old ones. In particular, this should be aimed at young or new researchers to the shock wave area. Such topics could be disseminated by listing the title and say one line description in the newsletter.
5. Promotion of the importance of shock wave phenomena to industry in the Asia-Pacific region. This should include examples of previous useful applications, suggestions of new applications that might be explored and studies of catastrophic events involving blast and shock waves. A suggested method of dissemination would be three or four one paragraph summaries of these topics placed on a web site every six months. It may be included in the newsletter or separate.
6. Encouragement of industry in the Asia-Pacific region to support shock wave research. This could highlight government grants that require some industry support for the research project. The committee could, via its web site, provide a focus for industry inquiries, passing them on to relevant researchers.

資料4： 衝撃波エンサイクロペディア目次

Encyclopaedia of Shock Wave Research
Yasuyuki Horie
Peter Krehl
Hans Groenig
Kazuyoshi Takayama

Fundamental of Shock Waves

Vol. 1 Fundamental of Shock Waves (Takayama, Groenig, Davison)

- 1.1 Introduction
 - 1.2 History and Scope of Shock Wave Reserach (Krehl)
 - 1.3 Introduction of Nonlinear Plane Waves (Haas)
 - 1.3.1 Kinematics of one-dimensional motion
 - 1.3.1.1 Propagation of small perturbations
 - 1.3.1.2 Propagation of finite perturbations
 - 1.3.2 Conservation equations
 - 1.3.3 Stress-deformation behavior
 - 1.3.3.1 One-dimensional stress-volume relation
 - 1.3.3.2 Hugoniot curve
 - 1.4 Thermodynamics of Fluids (Davison)
 - 1.5 Equation of States (Groenig)
 - 1.5.1 Ideal gas
 - 1.5.2 Real gas effects
 - 1.6 Centered Simple Waves
 - 1.7 Normal and Oblique Shock Waves (Takayama)
 - 1.7.1 Rankine-Hugoniot relation
 - 1.7.2 Shock polar
 - 1.8 Structure of Shock Waves (Honma)
 - 1.9 One-Dimensional Shock Waves Motion
 - 1.9.1 Shock formation by an impulsive piston motion
 - 1.9.2 Shock reflection
 - 1.9.3 Shock attenuation
 - 1.10 Stability of Shock Wave (Sandeman)
 - 1.11 Shock Wave Analogy (not yet decided)
 - 1.11.1 Traffic flows
 - 1.11.2 Shallow water wave
 - 1.11.3 Panic motion and propagation of information
 - 1.12 Concluding Remarks
- References

Vol. 2 Shock Wave Interaction (Sislian, Skews)

- 2.1 Introduction
 - 2.2 One Dimensional Interactions (Sislian)
 - 2.2.1 Shock/shock and shock/expansion wave interaction
 - 2.2.2 Wave/interface interaction
 - 2.3 Shock Wave Interaction with Boundary Layer (Matsuo)
 - 2.3.1 General
 - 2.3.2 Shock tube
 - 2.3.3 Nozzle flows
 - 2.3.4 Pseudo shock
 - 2.4 Multi-Dimensional Interaction (Shugaev)
 - 2.4.1 Shock/shock interaction
 - 2.4.2 Shock/solid body interaction
 - 2.5 Shock/Interface Interaction (Brouillet)
 - 2.5.1 Shock/vortex interaction
 - 2.5.2 Richtmyer-Meshkov Instability
 - 2.6 Shock/Body Interaction in Steady Flows
 - 2.7 Shock Interaction with Complex Boundary (Skews)
 - 2.7.1 Perforated wall
 - 2.7.2 Corrugated wall
 - 2.8 Shock Wave Reflection (Ben-Dor)
 - 2.8.1 Two-dimension
 - 2.8.2 Axi-symmetry and three-dimension
 - 2.9 Concluding Remarks
- References

Vol. 3 Shock Waves in Multi-Phase Media (Takayama)

- 3.1 Introduction
- 3.2 Shock Propagation in Complex Media in Gases
 - 3.2.1 Dusty gas
 - 3.2.2 Grannular media
 - 3.2.3 Foam and porous media
- 3.3 Underwater Shock Wave
 - 3.3.1 Bubble dynamics and cavitation (Tomita)
 - 3.3.2 Shock/bubble interaction
- 3.4 Shock in Cryogenic Liquids (Murakami)
- 3.5 Shock Wave Accompanying Phase Change (van Dongen)
 - 3.5.1 Condensation shock waves
 - 3.5.2 Liquefaction shock waves

- 3.6 Shock Propagation over Complex Multi-Phase Boundary
 - 3.6.1 Gas/liquid interface
 - 3.6.2 Layer of solid particles and liquid droplets
- 3.7 Shock Wave in Plasma (not yet decided)
- 3.8 Concluding Remarks
- References

Vol. 4 Shock Waves in Solids I (Horie)

- 4.1 Introduction
- 4.2 Foundations of the Shock Compression of Solid; from Atom to Continuum (Gupta)
- 4.3 Experimental and Diagnostic Methods
 - 4.3.1 Gas gun (Chabildas)
 - 4.3.2 Z-machine (Knudsen)
 - 4.3.3 Laser/mini flyer (Paisley)
- 4.4 Numerical Methods for Shock Waves in Solids (Gupta)
- 4.5 Interfacial Instability in Solids under Shock Compression (Benson)
- 4.6 Molecular Dynamic Study of Shock Wave in Solids (Shaner)
 - 4.6.1 Inert materials (Holian)
 - 4.6.2 Energetic materials (White)
- 4.7 Pressure Shear Waves (Tang)
- 4.8 Multi-scale Modeling Shock Waves in Solids
 - 4.8.1 Heterogenous materials (BAer)
 - 4.8.2 Polycrystals (Ortiz or Horie)
- 4.9 Ultra-Short Pulse Shock Dynamics (Funk)
- 4.10 Summary (Horie)
- 4.11 Reference

Vol. 5 Shock Waves in Solids II (Horie)

- 5.1 Introduction
- 5.2 Continuum Materials Modeling and Shock Waves
 - 5.2.1 General (Dandekar)
 - 5.2.2 Composites (Sun)
 - 5.2.3 Polymers (not yet decided)
- 5.3 Strength and failure of Solids under Shock Compression
 - 5.3.1 Brittle failure (Dandekar)
 - 5.3.2 Dynamic deformation and failure (Meyers)
 - 5.3.3 Fragmentation (Grady)
 - 5.3.4 Failure wave (Bless)
- 5.4 Shock Waves in Porous and Powder Materials (Nesterenko)
- 5.5 Dielectric Response (Montgomery)
- 5.6 High Pressure Phase Transformation (Ahrens)
- 5.7 Shock Wave Synthesis (Thadhani)
- 5.8 Solid Explosives, Shock Initiation and Detonation Phenomena (Sheffield)
- 5.9 Dense Plasma (Ng)
- 5.10 Summary
- 5.11 References

Vol. 6 Shock Waves in Reactive Media (Zhang)

- 6.1 Introduction
- 6.2 History of Gaseous Detonation Research
- 6.3 Introduction of Gaseous Detonation
 - 6.3.1 One-dimensional theory of waves in reaction mixture
 - 6.3.2 Chapman-Jouget detonation
 - 6.3.2 DDT
- 6.4 Multi-Dimensional Structures of Detonation Waves
 - 6.4.1 Propagation of detonation wave
 - 6.4.2 Cellular structure
 - 6.4.3 Effect of mixture on DDT
- 6.5 Liquid Detonation
 - 6.5.1 Liquid explosives
 - 6.5.2 Slurry explosives
- 6.6 Self Sustained High Temperature Synthesis
- 6.7 Shock Waves in Chemical Kinetics
 - 6.7.1 Chemical shock tube
- 6.8 Concluding Remarks
- Reference

Vol. 7 Numerical Methods for Shock Wave Phenomena (Voinovich, Saito, Liou)

- 7.1 Introduction
- 7.2 Mathematical Background of Numerical Methods
 - 7.1 Gases and liquids
 - 7.2 Reactive media
- 7.3 Method of Characteristics
- 7.4 Finite Difference and Finite Volume Methods
 - 7.4.1 Numerical schemes
 - 7.4.2 Stability of numerical solutions
- 7.5 Grid Generations
- 7.6 Computer Graphics
 - 7.6.1 Post processing
 - 7.6.2 Three-dimensional display
 - 7.6.3 Animated display
 - 7.6.4 Comparison with experiments
- 7.7 Rarefied Gas Dynamic shock Waves

- 7.7.1 Boltzmann equations
- 7.7.2 Direct Monte Carlo method
- 7.8 Molecular Dynamics
- 7.9 Concluding Remarks
- References

Vol. 8 Experimental Methods of Shock Wave Generation (Hornung)

- 6.1 Introduction
- 6.2 Shock Wave Generation in Gases (Hornung)
 - 6.2.1 Shock tube
 - 6.2.2 Explosion
 - 6.2.3 Electric discharge
 - 6.2.4 Laser focusing
 - 6.2.5 High speed impact
- 6.3 Shock Wave Generation in Liquids (Takayama)
 - 6.3.1 Liquid shock tube
 - 6.3.2 Explosion
 - 6.3.3 Electric discharge
 - 6.3.4 Laser focusing
 - 6.3.5 High speed impact
 - 6.3.6 Collapsin bubbles
- 6.4 Hypersonic Ground Test Facility (Olivier)
 - 6.4.1 Shock tunnel
 - 6.4.2 Gun tunnel
 - 6.4.3 Free piston shock tunnel
 - 6.4.4 Expansion tube
 - 6.4.5 Ballistic range
- 6.5 Hypervelocity Launchers (Swift)
 - 6.5.1 Two-stage light gas gun
 - 6.5.2 Rail gun and electro-thermal gun
 - 6.5.3 ram accelerator
- 6.6 Conclusions
- References

Vol. 9 Experimental Methods for Shock Wave Measurement

- 9.1 Introduction
- 9.2 Optical Diagnostics (Settle)
 - 9.2.1 Detecting refractive index
 - 9.2.2 Interferometry
 - 9.2.3 Holography
 - 9.2.4 Light scattering
 - 9.2.5 Fluorescence
- 9.3 Temperature Measurements (Danehy)
- 9.4 Pressure Measurements (Bauer)
- 9.5 High Speed Photography (Kosel)
 - 9.5.1 High speed camera using emulsion film
 - 9.5.2 Image converter camera
 - 9.5.3 High speed CCD camera
- 9.6 Image Data Processing (Danehy)
 - 9.6.1 Fringe analysis
 - 9.6.2 Computer assisted tomography
- 9.7 Spectroscopy
- 9.10 Conclusion
- References

Applications of Shock Wave Research

Vol. 10 Application of Shock Wave Research to Geoscience and Astrophysics

- 10.1 Introduction
- 10.2 Volcanic Eruption (Mader)
 - 10.2.1 Roles of shock waves to explosive eruptions
 - 10.2.2 Direct sampling from volcanic plume
- 10.3 Volcanic Hazard
 - 10.3.1 Blast wave propagation
 - 10.3.2 Pyroclastic flow
- 10.4 Earthquake (Kanamori)
- 10.5 Meteoroids and Asteroid Impact (Ahrens)
 - 10.5.1 Impact craters
 - 10.5.2 Shock wave morphology
 - 10.5.3 Asteroid impact and mass extinction
 - 10.5.4 Aerodynamic heating of meteors and comets
- 10.6 Shock Waves in Space (Hillebrandt)
 - 10.6.1 Collisionless shock waves
 - 10.6.2 Supernova explosions
 - 10.6.3 Shock waves in accretion disks
 - 10.6.4 Big bang
 - 10.6.5 Solar wind
 - 10.6.6 Interstellar shock waves
 - 10.6.7 Relativistic shock waves
- 10.7 Contributions of Shock Waves to Origin of Life
- 10.8 Conclusion
- References

Vol. 11 Application of Shock Wave Research to Space Science and Technology (Park)

- 11.1 Introduction
- 11.2 Nonequilibrium Flows
- 11.3 Atmospheric Re-Entry of Space Vehicles
 - 11.3.1 Space vehicles
 - 11.3.2 Aerodynamic heating
 - 11.3.3 Heat shield
- 11.4 Space Propulsion
- 11.5 Space Debris (Katayama)
 - 11.5.1 Historical background
 - 11.5.2 Hypervelocity impact
 - 11.5.3 Bumper shield design
- 11.6 Air Breathing Engines (Lu)
 - 11.6.1 Scram jet engine
 - 11.6.2 Pulse detonation engine
- 11.7 Conclusion
- References

Vol. 12 Application of Shock Wave Research to Medicine and Biology (Delius, Takayama)

- 12.1 Introduction
- 12.2 Historical Background
- 12.3 Underwater Shock Waves (Takayama)
 - 12.3.1 Shock generation
 - 12.3.2 Focusing
- 12.4 Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (Delius)
 - 12.4.1 Lithotripter
 - 12.4.2 Tissue damage
- 12.5 Shock/Cell Interaction
 - 12.5.1 Cell viability
 - 12.5.2 Cell proliferation
 - 12.5.3 Subcellular level
- 12.6 Shock Wave Therapy (Takayama)
 - 12.6.1 Urology
 - 12.6.2 Orthopaedic surgery
 - 12.6.3 Neurosurgery
 - 12.6.4 Cancer research
 - 12.6.5 Ophthalmology
- 12.7 Shock Assisted Drug/Gene Delivery (Takayama)
 - 12.7.1 Electroporation
 - 12.7.2 Gene gun
 - 12.7.3 Helium jet
 - 12.7.4 Laser ablation
 - 12.7.5 Biological methods
- 12.8 Shock Application to Biology (Jagadeesh)
 - 12.8.1 Interaction with bacteria
 - 12.8.2 Food processing
 - 12.8.3 Wood processing
- 12.9 Conclusion
- References

Vol. 13 Shock Waves in Acoustics (not yet decided)

- 13.1 Introduction
- 13.2 Generation of Weak Shock Waves
 - 13.2.1 Shock tubes
 - 13.2.2 Micro-explosion
 - 13.2.3 Impact
- 13.3 N-Waves
 - 13.3.1 Thunder
 - 13.3.2 Supersonic flights
 - 13.3.3 Train tunnel sonic boom
- 13.4 Transition from Weak Shock to Sound Wave
 - 13.4.1 Dispersed wave
 - 13.4.2 Real gas effect on weak shock structure
- 13.5 Intense Ultrasound in Air
- 13.6 Ultrasound Generation in Water
 - 13.6.1 Generation
 - 13.6.2 Cavitation
 - 13.6.3 ESWL
- 13.7 Conclusion
- References

Vol. 14 Application of Shock Wave Research to High Temperature Physicochemistry (Matsui)

- 14.1 Introduction
- 14.2 Chemical Kinetics
 - 14.2.1 Homogeneous media
 - 14.2.2 Heterogeneous media
- 14.3 Mono Molecular Reaction
 - 14.3.1 Theoretical background
 - 14.3.2 Pressure dependence
- 14.4 Multiple Molecular Reaction
 - 14.4.1 Classifications
 - 14.4.2 Complex reaction and oxidation
- 14.5 Pyrolysis and Phtolysis
- 14.6 Implantation and Hot Atom Reaction (Hirahara)

- 14.7 Detonation (Taki)
 - 14.7.1 Gases
 - 14.7.2 Dust and spray
 - 14.7.3 Liquids and slurry explosives
 - 14.7.4 Solids
- 14.8 Methods of Shock Wave Chemistry
 - 14.8.1 Single pulse shock tube
 - 14.8.2 Diagnostics
- 14.9 Conclusion
- References

Vol. 15 Laser Induced Shock Waves and its Applications (not yet decided)

- 15.1 Introduction
- 15.2 Introduction to Laser Focusing
- 15.3 Laser Focusing on Solid Surface
 - 15.3.1 Plasma formation and ablation
 - 15.3.2 Wavelength and material properties
 - 15.3.3 Shock formation
 - 15.3.4 Particle acceleration
- 15.4 Laser Focusing in Gases and Liquids
 - 15.4.1 Shock waves in gases
 - 15.4.2 Shock Waves in liquids
 - 15.4.3 Propagation and attenuation of laser induced shock waves
- 15.5 Applications
 - 15.5.1 Micro-water jet generation
 - 15.5.2 Micro-particle bombardment
- 15.6 Conclusion
- References

Vol. 16 Shock Waves in Industry (Takayama)

- 16.1 Introduction
- 16.2 Aeronautics and Astronautics (Kubota)
 - 16.2.1 Supersonic flights
 - 16.2.2 Atmospheric re-entry
 - 16.2.3 Sonic boom
- 16.3 Automobile Industry (Milton)
 - 16.3.1 Knocking
 - 16.3.2 Design of silencer and muffler
 - 16.3.3 Shock assisted supercharger
- 16.4 High Speed Train (Matsuo)
 - 16.4.1 Tunnel sonic boom
- 16.5 Wave Refrigerator (Saito)
- 16.6 Pipe Line Systems (Matsuo)
 - 16.6.1 Water hammer
 - 16.6.2 Separation induced resonance
 - 16.6.3 Pseudo shock wave
- 16.7 Turbo Machinery (Daiguji)
- 16.8 Hydraulic Machinery (Ikohagi)
 - 16.8.1 Cavitation erosion
 - 16.8.2 Cavitation noise
- 16.9 Manufacturing
 - 16.9.1 Shock assisted synthesis (Hanson)
 - 16.9.2 Clad and explosive welding (not yet decided)
 - 16.9.3 High speed jet cutting (not yet decided)
 - 16.9.4 Tempered glass plate (Aratani)
 - 16.9.5 Spray combustion (not yet decided)
- 16.10 Industrial Hazards (Nettleton)
 - 16.10.1 Industrial explosion
 - 16.10.2 Blast wave and explosion noise
 - 16.10.3 Dust explosion
 - 16.10.4 Water vapor explosion
- 16.11 Conclusions
- References

資料5 : 高速度撮影ハンドブック

まえがき
目次
カラー画像

基礎編

第一章 序論(高山 斉藤)

- 1-1 はじめに
- 1-2 歴史
- 1-3 目的と背景
- 1-4 まとめ
- 1-5 文献

第二章 可視化(鈴木 永山 高山 斉藤)

- 2-1 はじめに(鈴木)
- 2-2 光波の基礎的性質
 - 2-2-1 一様媒質中での光の伝播:屈折率と光速(鈴木)
 - 2-2-2 光波の干渉と干渉縞のコントラスト(鈴木)
 - 2-2-3 光線の微分方程式と不均質媒質中の光の伝播(鈴木)
 - 2-2-4 光子エネルギーと画像ノイズ(鈴木)
- 2-3 波動光学的方法
 - 2-3-1 古典的干渉法(高山 永山、鈴木)
 - 2-3-2 ホログラフィー法(高山 永山、鈴木)
 - 2-3-3 スペックル法(山口一郎)
- 2-4 幾何光学的方法
 - 2-4-1 シュリーレン法(高山 永山)
 - 2-4-2 シャドウグラフ法(高山 鈴木)
 - 2-4-3 コースティック法(鈴木)
- 2-5 光弾性法(武石洋征)
- 2-6 まとめ(鈴木)
- 2-7 参考文献

第三章 光学的高速撮影(江藤)

- 3-1 はじめに(江藤)
- 3-2 光源(山本)
- 3-3 フィルムを用いる高速撮影(山本)
- 3-4 撮像管を用いる高速撮影(安藤)
- 3-5 固体撮像素子を用いる高速撮影(江藤)
- 3-6 シャッターと同期(山本)
- 3-7 まとめ(江藤)
- 3-8 文献(江藤)

第四章 X線による高速撮影(佐藤)

- 4-1 まえがき
- 4-2 ストロボX線装置(佐藤)
 - 4-2-1 コンデンサー放電式装置
 - 4-2-2 トランス昇圧式装置
 - 4-2-3 シネ撮影システム
- 4-3 コンデンサーを用いた汎用フラッシュX線装置(佐藤)
 - 4-3-1 多段マルクスパルサーを用いた装置
 - 4-3-2 ラインパルサーを用いた装置
 - 4-3-3 プラズマピンチ加速法を用いた装置
 - 4-3-4 二極X線管を用いた繰返し装置
 - 4-3-5 三極X線管を用いた繰返し装置
- 4-4 弱電離放電プラズマX線源(佐藤)
 - 4-4-1 線状プラズマ単色X線源
 - 4-4-2 面状プラズマ単色X線源と平行X線撮影
 - 4-4-3 キャピラリー真空放電による軟X線源
- 4-5 加速器を用いるX線
 - 4-5-1 誘導直線加速器(Cavailler 著, 佐藤訳)
 - 4-5-2 シンクロトロン(兵藤)
- 4-6 レーザープラズマX線とX線レーザー(白神)

- 4-6-1 レーザープラズマX線源(阪大レーザー、西村)
- 4-6-2 X線レーザーと応用(阪大レーザー、児玉)
- 4-7 まとめ(佐藤)
- 4-8 文献

第五章 レーザー等による高速撮影(永山)

- 5-1 はじめに
- 5-2 高速度撮影を目的とするレーザー光源(永山;高山)
 - 5-2-1 光源としての必要条件
 - 5-2-2 瞬間写真用レーザー光源
 - 5-2-3 ストリーク写真用レーザー光源
 - 5-2-4 その他のレーザー光源
- 5-3 PIV
 - 5-3-1 原理
 - 5-3-2 種類
 - 5-3-3 応用その他
- 5-4 LPIF
 - 5-4-1 原理
 - 5-4-2 種類
 - 5-4-3 応用その他
- 5-5 LDV
 - 5-5-1 原理
 - 5-5-2 種類
 - 5-5-3 応用その他
- 5-6 VISARとファブリ・ペロー干渉計法(真下)
 - 5-6-1 原理
 - 5-6-2 種類
 - 5-6-3 応用その他
- 5-7 LITA(高山)
- 5-8 その他の撮影法(西田 前田 永山)
 - 5-8-1 DLI(差動レーザー干渉法) 密度計測
 - 5-8-2 PDA(位相ドップラー法) 粒子計測
 - 5-8-3 その他
- 5-9 まとめ
- 5-10 文献

第六章 撮影装置(江藤 永山 鈴木)

- 6-1 高速度撮影で使われる原理(江藤)
- 6-2 高速度写真撮影カメラ(山本)
- 6-3 クライツ・セドン型カメラ(高橋・永山)
- 6-4 高速度ビデオカメラ(江藤)
- 6-5 イメージ・コンバータ・カメラ(浜松ホトニクスまたはナック)
- 6-6 位相ずれ(梅津)
- 6-7 核融合研究で使われる超高速度撮影装置(白神)

応用編

第七章 高速衝突および衝撃破壊(田中)

- 7-1 はじめに(名工大・田中)
- 7-2 衝撃超高压実験における高速度撮影手法(永山他)
 - 7-2-1 波面形状の光学計測法(九大・永山)
 - 7-2-2 傾斜鏡法による自由表面測度測定法(九大・永山、熊大・真下)
 - 7-2-3 VISAR および ORBIS による計測法(熊大・真下)
 - 7-2-4 分光計測法(無機材・関根)
 - 7-2-5 温度計測(東工大・近藤)
- 7-3 固体の高速変形・破壊現象の高速度撮影手法(田中他)
 - 7-3-1 フレーミングカメラを用いた高速度撮影手法(名工大・田中・サンビコ・浜田)
 - 7-3-2 ストリークカメラを用いた高速度撮影手法(名工大・田中, サンビコ・浜田)
 - 7-3-3 フラッシュ X 線を用いた高速度撮影手法(東工大・田村)
 - 7-3-4 光弾性法による高速亀裂進展の撮影手法(千葉大・武石)
- 7-4 高速亀裂進展の高速度撮影手法(鈴木他)
 - 7-4-1 コースティック法による亀裂先端応力場の撮影手法(九大・高橋, 北大・新川)
 - 7-4-2 ホログラフィー・コースティック法による亀裂進展撮影手法(豊技大・鈴木)
 - 7-4-3 高速度ホログラフィー顕微鏡法による高速破壊の撮影手法(豊技大・鈴木)
 - 7-4-4 クラッシュ・シャルディンカメラを用いた高速度撮影手法(北大・新川)
- 7-5 まとめ(名工大・田中)

7-6 文献

第八章 遅い流れの撮影法 (田中、江藤)

- 8-1 はじめに
- 8-2 内部流れの可視化と撮影法(代)(名工大・伊藤)
- 8-3 外部流れの可視化と撮影法(代)(名工大・伊藤)
- 8-4 対流熱伝達の可視化と撮影法(代)(名工大・長野)
- 8-5 混相流れの可視化と撮影法(代)(阪大・辻, or 室工大・杉山)
- 8-6 まとめ
- 6-7 文献

第九章 高速流れと衝撃波の撮影法(永山 高山)

- 9-1 はじめに
- 9-2 高速流れの実験法
- 9-3 高速流れの計測
- 9-4 衝撃波
- 9-5 高速飛行体の可視化と高速撮影法
- 9-6 複雑組成媒体中の波動計測
- 9-7 温度計測
- 9-8 まとめ
- 9-9 文献

第十章 燃焼および化学反応

- 10-1 はじめに
- 10-2 燃焼の計測法(前田)
 - 10-2-1 原理
 - 10-2-2 粒子計測
 - 10-2-3 発光分光
 - 10-2-4 その他
- 10-3 化学反応の計測(松為)
 - 10-3-1 LPIF
 - 10-3-2 CARS
 - 10-3-3 最近のレーザー計測法
 - 10-3-4 その他
- 10-4 デトネーション波(藤原)
 - 10-4-1 実験装置
 - 10-4-2 計測方法
 - 10-4-3
 - 10-4-4
- 10-5 爆発と爆風(高山 東野)
 - 10-5-1 実験方法
 - 10-5-2 可視化法
- 10-6 まとめ
- 10-7 文献

第十一章 医療応用(佐藤 高山 江藤)

- 11-1 はじめに(高山, 佐藤)
- 11-2 X線画像診断
 - 12-2-1 シンクロトロン
 - 12-2-2 イマトロンCT
 - 12-2-1 四次元CT
- 11-3 超音波画像診断(中居, 生内)
- 11-4 ポジトロン画像診断(石井)
- 11-5 核磁気共鳴(佐々木)。
- 11-6 衝撃波医療(高山)
- 11-7 カルシウムイオン画像(高島)
- 11-8 まとめ(高山, 佐藤)
- 11-9 文献

第十二章 レーザーアブレーション(白神 永山)

- 12-1 はじめに(永山)
- 12-2 パルスレーザー(九州大・岡田)
- 12-3 プラズマの生成(筑波大・村上 or 東工大・矢部)
- 12-4 プラズマの計測(名古屋大・佐々木浩一)
- 12-5 応用(九州大・岡田 理研・杉岡 + 医療関係)

12-6 まとめ(九州大・永山)

12-7 文献

第十三章 核融合プラズマ (白神)

13-1 はじめに(白神)

13-2 結像系と検出器

13-3 高速度カメラによるプラズマ撮影

13-4 画像サンプリング法による高速X線撮影

13-5 X線バックライト法による高速度X線撮影

13-6 まとめ

第十四章 産業応用(江藤)

14-1 はじめに(高山・江藤)

14-2 陸上交通 [理化学研 姫野]

14-3 航空宇宙(中北)

14-4 新材料開発・製造加工 [佐藤、田辺]

14-5 先端科学技術: ナノテクノロジーとバイオエンジニアリング[高山、江藤]

14-6 まとめ

14-7 文献

第十五章 スポーツおよび生物運動(江藤 田中 高山)

15-1 はじめに(宇治橋貞幸)

15-2 スポーツ工学(宇治橋貞幸)

15-3 生物運動: 微生物・昆虫・鳥・魚の運動と植物まわりの流れ

15-4 まとめ(宇治橋貞幸)

15-5 文献

第十六章 まとめ(江藤)

付録 (江藤)

付録1 高速撮影装置に要求される性能

付録2 高速撮影装置への要望調査の結果

16-1 文献

執筆者リスト

索引

資料6：公表論文

公表論文色分け

- 複雑媒体中の衝撃波現象
- 高速飛行体および高速衝突
- 衝撃波類似現象
- 先導的可視化法および計測法の確立
- 衝撃波の医療応用
- 隕石衝突と衝撃波
- 多相流れ



[12] Impact of Unsteady Disturbance on Multi-Lane Traffic Flow, Akihiro Sasoh, Journal of the Physical Society of Japan, 71 (2002), 989-996.

衝撃波の医療応用

- [13] A Novel Method of Drug Delivery for Fibrinolysis with Ho:YAG Laser-Induced Liquid Jet, T. Hirano, M. Komatsu, H. Uenohara, A. Takahashi, K. Takayama, T. Yoshimoto, Lasers med. Sci. Vol.17, (2002), pp.165-172.
- [14] Formation of a Liquid jet by Interaction between a Laser-Induce Bubble and a Shock Wave, T. Hirano, M. Komatsu, M. Ezura, H. Uenohara, A. Takahashi, K. Takayama, T. Yoshimoto, Interventuinak Neyriradiology Vol.7, (2001) pp35-40.
- [15] Holmium:YAG Laser-Induced Liquid Jet Knife: Possible Novel Method for Dissection, Atsuhiro Nakagawa, Takayuki Hirano, Makoto Komatsu, Mariko Sato, Hiroshi Uenohara, Hideki Ohyama, Yasuko Kusaka, Reizo Shirane, Kazuyoshi Takayama, Takashi Yoshimoto, Lasers in Surgery and Medicine, Vol.31, (2002),p.129-136
- [16] Application of shock wave for cranioplasty. In vivo study on rat calvarium and basic study for irradiating shock wave on the brain, A. Nakagawa, Y. Kusaka, M. Komatsu, T. Hirano, M. Sato, R. Shirane, K. Takayama, T. Yoshimoto, 13th Conference of the European Society of Biomechanics
- [17] Osteopromotion for cranioplasty. Exposure of shock wave at skull defect: Preliminary experiment using rat calvarium, A. Nakagawa, Y. Kusaka, , R. Shirane, T. Yoshimoto, The 30th Annual Meeting of International Society for Pediatric Neurosurgery
- [18] Ho: YAG レーザーで誘起される液体ジェットについての見当 佐藤真理子、小松真、中川敦寛、平野孝幸、上ノ原広司、吉本高志、高山和喜、日本機会学会東北支部第 37 期総会・講演会
先導的数値計算法の確立
- [19] A high resolution upwind scheme for multi-component flows, D. Igra, K. Takayama, International Journal of Numerical Methods in Fluids, Vol.38, (2002) pp.985-1007.

- [20] Artificial Wind - a new framework to construct simple and efficient upwind shock-capturing schemes, I.Sokolov, E.Timofeev, J.Sakai, K.Takayama, Journal of Computational Physics, vol. 181 (2002), pp. 354-393
- [21] NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF WAVE DYNAMIC PROCESSES IN HIGH-SPEED TRAIN/TUNNELS, Jiang Zonglin, K. Matsuoka, A. Sasoh, K. Takayama, Acta Mechanica Sinica, Vol. 18 (2002), 209-226.
- [22] Parallel Computation of Fully-Coupled Hypersonic Radiating Flowfield Using Multi-Band Model, Shingo Matsuyama, Takeharu Sakai, Akihiro Sasoh and Keisuke Sawada, Journal of Thermophysics and Heat Transfer, accepted for publication

学会発表・論文集等

複雑媒体中の衝撃波現象

- [1] アジ化銀ペレット起爆に用いるパルス Nd:YAG レーザのしきい値に関する研究、水書稔治、火薬学会誌、Vol.63, Vo.2(2002)pp.58-63.
- [2] Experimental study of shock wave reflection from the axis of symmetry and its interaction with ring vortex, S. H. R. Hosseini and K. Takayama, Proc. 23rd Int. Symp. Space Tech. and Science, Japan, (2002), Paper ISTS 2002-e-20
- [3] On shock-vortex interaction in a rectangular channel bend, E.Timofeev, P.A.Voinovich, K.Takayama In: Proc. of the 3rd Int. Workshop on Shock Wave/Vortex
- [4] Formation of embedded shocks behind curved shocks- incipient Mach reflection, S.Molder, H.G. Hornung,
- [5]
- [6]
- [7]
- [8]
- [9]
- [10]
- [11]
- [12]
- [13]
- [14] Numerical simulations of blood flow in cerebral vessels with aneurysms, T.Hassan, T.Saito, E.Timofeev, A.Takahashi, K.Takayama, T.Yoshimoto, CD-ROM Proceedings of the 5th JSME-KSME Fluids Engineering Conference, November 17-21, 2002, Nagoya, Japan, paper Nr. 02-207, 6p.
- [15] レーザー誘起液体ジェットを利用した脳神経外科手術用デバイスの開発、上ノ原広司、平野孝幸、中川敦寛、佐藤真理子、小松真、高山和喜、吉本高志、第21回日本脳神経超音波学会
- [16] Ho:YAG レーザー誘起液体ジェットを用いた血栓溶解システムの開発、平野孝幸、上ノ原広司、中川敦寛、佐藤真理子、小松真、高橋明、高山和喜、吉本高志、第21回日本脳神経超音波学会
- [17] 血管描出に優れた次世代高感度赤外線カメラによる脳神経外科術中モニタリング、平野孝幸、上ノ原広司、中川敦寛、桜井芳明、高山和喜、吉本高志、第21回 The Mt. Fuji Workshop on CVD
- [18] Ho:YAG レーザーを利用したパルス液体ジェットによる脳組織切開用デバイス、上ノ原広司、平野孝幸、中川敦寛、佐藤真理子、高山和喜、吉本高志、第21回 The Mt. Fuji Workshop on CVD
- [19] 近赤外線カメラの術中 thermal artery imaging としての応用:基礎実験と臨床応用の検討から、上ノ原広司、宇都宮昭

- 裕、桜井芳、吉本高志、高山和喜、第61回日本脳神経外科学会総会
- [20] 頭蓋骨欠損に関する衝撃波を用いた非侵襲的頭蓋骨形成方法の開発、中川敦寛、日下康子、白根礼造、吉本高志、高山和喜、第61回日本脳神経外科学会総会
- [21] Ho:YAG レーザー液体ジェットを用いた脳塞栓治療用カテーテルの有用性について、平野孝幸、上ノ原広司、中川敦寛、高橋 明、高山和喜、吉本高志、第61回日本脳神経外科学会総会
- [22] Ho:YAG レーザー誘起液体ジェットメスの臓器切開特性について、上ノ原広司、平野孝幸、上ノ原広司、中川敦寛、佐藤真理子、大山秀樹、高山和喜、吉本高志、第2回3次元画像解析・レーザーフォーラム
- [23] Ho:YAG レーザー誘発液体気泡が引き起こす血栓溶解剤の効果促進作用、佐藤真理子、平野孝幸、中川敦寛、上ノ原広司、高山和喜、吉本高志、第2回3次元画像解析・レーザーフォーラム
- [24] Ho:YAG レーザー誘発キャビテーションを用いた簡易型衝撃波発生装置、中川敦寛、平野孝幸、日下康子、浜手雄一郎、橋本時忠、佐藤真理子、上ノ原広司、白根礼造、高山和喜、吉本高志、第2回3次元画像解析・レーザーフォーラム
- [25] レーザー誘発液体ジェットを利用した新型脳塞栓治療用カテーテル、平野孝幸、上ノ原広司、中川敦寛、佐藤真理子、高橋 明、高山和喜、吉本高志、第2回3次元画像解析・レーザーフォーラム
- [26] 頭蓋骨近傍における衝撃波の医療応用に関する基礎実験、中川敦寛、平野孝幸、日下康子、佐藤真理子、上ノ原広司、白根礼造、高山和喜、吉本高志、東北大学流体科学研究所第14回研究発表会
- [27] ホロミウム YAG レーザー誘発液体ジェットの低侵襲医療への応用、上ノ原広司、平野孝幸、中川敦寛、佐藤真理子、高山和喜、吉本高志、第16回日本エムイー学会秋季大会
- [28] Promoting the effect of fibrinolytics by Ho: YAG Laser-induced bubble, M. Sato, T. Hirano, A. Nakagawa, H. Uenohara, K. Takayama, T. Yoshimoto、第16回日本エムイー学会秋季大会
- [29] 簡易型ホロミウム YAG レーザー誘発液体ジェットを用いた衝撃波発生装置の医療応用に関する基礎実験、中川敦寛、平野

- [3]
- [3]
- [3]
- [3]
- [3]
- [3]
- [3]
- [3]
- [3]
- [3]



複雑媒体中の衝撃波現象

- [1] Effect of temperature gradient on blast wave propagation, Go.Utsunomiya, A.Abe, H.Ojima, T.Ogawa,T.Saito, K.Takayama, Y.Hyodo and H.Nakamura, pp.181
- [2] Shock wave interaction with rigid porous baffle plates, Atsushi Abe, Go Utsunomiya, John H.S. Lee, Toshio Akama, Shokichi Hayasaka, Kazuyoshi Takayama, pp.182
- [3] Study of diverging and converging spherical shock waves induced by micro explosives in an aspherical transparent test section, S. H. R. Hosseini and K. Takayama, pp.87

高速飛行体および高速衝突

- [4] Experimental study of novel ignition system for compact two-stage light gas gun, Toshiro Saeiki, Masashi Kobayashi, Shoukichi Hayasaka, Toshio Akama, Kiyoshi Kikuta, Kazuo Endo Kazuyoshi Takayama, pp.155

衝撃波の医療応用

- [5] Plasma flash x-ray generator, Eiichi Sato, Rudolf Gerner, Yasuomi Hayasi, Etsuro Tanaka, Hidezo Mori, Toshiaki Kawai, Tatsumi Usuki, Koetsu sato, Haruo Obara, masayuki Zuguchi, Toshio Ichimaru, Hidenori Ojima, Kazuyoshi Takayama, Hideaki Ido, pp.134
- [6] Analysis of the Ho:YAG laser-induced liquid jet with a high-speed photography, Takayuki Hirano, Atsuhiko Nakagawa, Mariko Sato, Hiroshi Uenohara, Makoto Komatsu, Akira Takahashi, Kazuyoshi Takayama, Takashi Yoshimoto, pp.151

- [7] Compact flash x-ray generator MFXG-02 and its applications, Makoto Komatsu, Eiichi Sato, Tatsumi Usuki, Koetsu sato, Hidenori Ojima, Kazuyoshi Takayama, pp.186
- [8] Quasi-monochromatic parallel flash radiography achieved with a plane-focus x-ray tube, Eiichi Sato, Rudolf Germer, yasumi Hayasi, Etsuro Tanaka, Hidezo Mori, Toshiaki Kawai, Tatsumi Usuki, Koetsu Sato, Haruo Obara, Masayuki Zuguchi, Toshio Ichimaru ,Hidenori Ojima, Kazuyoshi Takayama, Hideaki Ido, pp.187
- [9] Biological effect of shock waves: hemorrhage in the rat brain-pathological evaluation and analysis of shock wave propagation in brain phantom in high-speed camera, Mariko Sato, Atsuhiko Nakagawa, Takayuki Hirano, Yasuko Kusaka, Hiroshi Uenohara, Reizo Shirane, Kazuoshi Takayama, Takashi Yoshimoto, pp.47

日本流体力学会 2002 年会

複雑媒体中の衝撃波現象

- [1] 温度勾配中を伝播する爆風に関する研究、宇都宮剛、阿部淳、高山和喜、兵藤幸夫、中村博行、pp280-281.
- [2] 多孔質材を用いたによる衝撃波の減衰、Shock Wave Attenuation over Rigid Porous Baffle Plates、阿部淳、宇都宮剛、John Lee, 高山和喜、pp.442-443
- [3] Richtmyer-Meshkov instability studies in converging geometry, S. H. R. Hosseini and K. Takayama, ,pp.284-285
- [4] Study of micro underwater shock waves induced by Q-switched Ho:YAG laser focusing, S. H. R. Hosseini, T. Hirano, K. Takayama, ,pp.444-445



- [16] ホリワレタン中を伝播する衝撃波に関する基礎研究、貝沼美帆、北川一敏、小島央則、保原允、高山和喜、pp.458-459
- [17] 分子動力学法による液体 Ar 中の衝撃波伝播に関する研究、八島剛、齋藤務、高山和喜、pp432-433
- 先導的数値計算法の確立
- [18] On the calibration of numerical models for blast wave propagation using experiments with micro charges, E.Timofeev, H.Kleine, K.Takayama, pp.210-211
- [19] 異なる噴火モデルを用いた富士山の噴火の数値シミュレーション、山下宙也、齋藤務、高山和喜、pp.436-437
- [20] 固体微粒子浮遊気体中の衝撃波伝播、丸本真玄、齋藤務、高山和喜、pp. 454-455

EMBEC 2002

衝撃波の医療応用

- [1] Application of Low Amplitude Shock Wave for Cranioplasty: Experiment in the Rat Calvarium, Nakagawa, Y. Kuraka, T. Hirano, M. Sato, R. Shirane, K. Takayama, T. Yoshimoto, Proc. of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2nd European Medical and Biological Engineering Conference, (2002), pp.1004-1005
- [2] A Novel Drug Delivery System with HO:YAG Laser-Induced Liquid Jet, T. Hirano, H. Uenohara, A. Nakagawa, M. Sato, A. Takahashi, K. Takayama, T. Yoshimoto, Proc. of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2nd European Medical and Biological Engineering Conference, (2002), pp.1006-1007
- [3] Biological Effects of Shock Waves: pressure Dependent Pathological Changes in the Rat Brain, A. Nakagawa, Y. Kusaka, T. Hirano, M. Sato, H. Uenohara, R. Shirane, K. Takayama, T. Yoshimoto, Proc. of the International

第 41 回日本エムイー学会

衝撃波の医療応用

- [1] 衝撃波による頭蓋骨形成促進効果、中川敦寛、日下康子、平野孝幸、小松真、佐藤真理子、白根礼造、高山和喜、吉本高志
- [2] レーザー誘起液体ジェットカテーテルの血栓溶解促進効果、平野孝幸、上ノ原広司、中川敦寛、佐藤真理子、小松真、高橋 明、高山和喜、吉本高志
- [3] 細管から放出されるレーザー誘起ジェットによる衝撃波現象
- [4] 小松真、平野孝幸、中川敦寛、佐藤真理子、上ノ原広司、高橋 明、吉本高志、高山和喜

53rd ARA

高速飛行体および高速衝突

Two-stage light gas gun at SWRC and its application, Toshiro Saeki, Kenji Togami, Masashi Kobayashi and Kazuyoshi Takayama, Proc. of the 53rd ARA Meeting (2002)

平成 14 年度衝撃波シンポジウム



先導的可視化法および計測法の確立

- [12] レーザ誘起電歪格子による水温計測、水書稔治、D.W.Alderfer, G.C. Herring, P.M. Danehy, 高山和喜、pp133-136.
- [13] 衝撃波管を用いた球の非定常抗力計測、丹野英幸、伊藤勝宏、小室智幸、佐藤和雄、植田修一、高橋政浩、高山和喜、小島英則、pp.137-140.
- [14] 円柱と衝撃波の干渉による熱流束の測定、栗林泰造、大友敏史、齋藤 務、高山和喜、pp.325-326.

衝撃波の医療応用

- [15] 高粘度液体中の衝撃波伝播に関する研究、八島剛、山本裕朗、市原美恵、小川俊広、齋藤務、高山和喜、pp.285-286.
- [16] 簡便な水中衝撃波装置の試作 線返し弱衝撃波装置そして岩石破碎装置、佐藤英一、小島英則、高山和喜、pp.546-547
- [17] レーザーに似た強烈でシャープな単色X線の発生と応用、佐藤英一、小松真、林保臣、小島英則、高山和喜、pp.163-164.
- [18] 単色平行フラッシュX線撮影システムの基礎研究、佐藤英一、林保臣、小島英則、高山和喜、pp.165-166.
- [19] シンクロトロンにかわる単色平行X線撮影システムの基礎研究、佐藤英一、林保臣、小島英則、高山和喜、pp.167-168.
- [20] 水中高速度物体のX線撮影に関する基礎研究、佐藤英一、小島英則、高山和喜、pp.169-170.
- [21] チタンターゲットを有する弱電離プラズマX線装置の開発と応用、小松真、寒河江康朗、佐藤英一、林保臣、小島英則、高山和喜、白杵辰巳、佐藤光公悦、pp.171-172.
- [22] 衝撃波を用いた頭蓋骨形成：衝撃波照射方法と安全性に関する検討、中川敦寛、日下康子、平野孝幸、佐藤真理子、齋藤 務、白根礼造、高山和喜、pp.413-416.

- [23] 衝撃波による圧依存性脳損傷に関する組織学的検討、中川敦寛、日下康子、平野孝幸、佐藤真理子、斎藤 務、白根礼造、高山和喜、pp.417-420.
 - [24] Ho:YAG レーザー誘発液体ジェットの高侵襲医療用手術装置としての可能性、上ノ原広司、平野孝幸、中川敦寛、佐藤泰彦、佐藤真理子、城倉英史、白根礼造、高山和喜、pp.421-424.
 - [25] レーザー誘起水ジェットとその応用に関する研究、佐藤真理子、中川敦寛、平野孝幸、上ノ原広司、白根礼造、吉本高志、高山和喜、pp.341-342.
 - [26] Ho:YAG レーザー誘発液体ジェットによる脳血管内治療用デバイスの開発、佐藤泰彦、平野孝幸、中川敦寛、上ノ原広司、佐藤真理子、高橋明、高山和喜、pp.343-344.
- 先導的数値計算法の確立**
- [27] 固体微粒子浮遊気体中の衝撃波反射、丸本真玄、齋藤務、高山和喜、pp.145-148.
 - [28] 円柱と衝撃波の干渉での時系列的な境界層剥離位置の軌跡を用いた CFD 検証、阿部淳、孫明宇、高山和喜、pp.435-436.
 - [29] A robust and simple upwind scheme: to resolve contact discontinuities and to suppress the carbuncle instability、孫明宇、高山和喜、pp.351-352.
 - [30] 高次のシンプレクティック数値解析法を使った分子動力学法による液体 Ar 中の衝撃波伝播に関する研究、八島 剛、河野雄次、高橋 修、齋藤 昊、齋藤 務、高山和喜、pp.325-326.

平成 14 年度東北大学

[
[
[
[
[
[
[
[
[
[1]



資料7：資料新聞発表等
平成 14 年度掲載

河北新報

河北新報社
 社 会 部 課 長 室 1-2-28
 電 話 0022 211
 読 者 相 談 室 1447
 報 道 部 127 室 電 0504
 文 字 部 215 室 電 0504
 特 集 部 146 室 電 0504
 学 生 部 132 室 電 0502
 総 合 部 4 室 0223 211-1111
 二 階 購 読 課 室 0120-06-3746

元 日

白松がモ
白松がニ

平成 14 年 (2003 年) 1 月 1 日 (水曜日) C 河北新報社 200 (日付)

6500 万年前の生物大量絶滅

水申衝撃波が影響

いん石衝突で発生 瞬間の圧力差致命傷

東北大グループ仮説



約六千五百万年前、恐竜を含む生物の八割が絶滅に陥った「大量絶滅」。最大いん石が地球に衝突し、地球環境を破壊したのが原因だが、東北大のグループは、いん石が地球表面に衝突した瞬間、海中に広がる衝撃波が海洋生物の繁殖に直接的な影響を与えたという仮説を打ち出した。いん石衝突と生物の大量絶滅の因果関係は世界で議論が盛況を呈しているが、本誌にも衝撃波で「いん石」が原因で、絶滅した生物の化石が確認されている。

東北大のグループは、いん石が地球表面に衝突した瞬間、海中に広がる衝撃波が海洋生物の繁殖に直接的な影響を与えたという仮説を打ち出した。いん石衝突と生物の大量絶滅の因果関係は世界で議論が盛況を呈しているが、本誌にも衝撃波で「いん石」が原因で、絶滅した生物の化石が確認されている。

生物の大量絶滅。中生代白垩紀の間に、生物の大部分が絶滅した。原因は、いん石が地球表面に衝突した瞬間、海中に広がる衝撃波が海洋生物の繁殖に直接的な影響を与えたという仮説を打ち出した。いん石衝突と生物の大量絶滅の因果関係は世界で議論が盛況を呈しているが、本誌にも衝撃波で「いん石」が原因で、絶滅した生物の化石が確認されている。

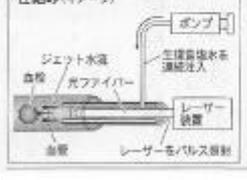
次期総選挙
立候補

2002年(平成14年)12月2日(月曜日)

東北大 血栓をレーザーで破壊

衝撃波利用の有望技術

東北大学の高山昭彦教授らは、血管に詰まった血栓(血栓)をレーザーで破壊する有望な技術を開発した。血栓は、血管の壁に付着した血小板が凝集してできる。血栓が血管を詰まらせたままになると、脳卒中や心臓病の原因となる。高山教授らは、血栓をレーザーで破壊する技術を開発した。血栓は、血管の壁に付着した血小板が凝集してできる。血栓が血管を詰まらせたままになると、脳卒中や心臓病の原因となる。高山教授らは、血栓をレーザーで破壊する技術を開発した。



東北大が開発した血栓破壊技術の仕組み(イメージ)

ポンプ
血栓溶解液を
送液注入
レーザー
血栓
レーザーをパルス照射
血栓
ジェット水流
血栓
血栓溶解液を
送液注入

血栓を溶解する。血栓は、血管の壁に付着した血小板が凝集してできる。血栓が血管を詰まらせたままになると、脳卒中や心臓病の原因となる。高山教授らは、血栓をレーザーで破壊する技術を開発した。

先端研究 最前線

衝撃波現象の解明と学際応用(前編)

— 東北大学流体科学研究所衝撃波学際研究拠点 —

東北大学流体科学研究所附属衝撃波研究センター長 高山和喜

衝撃波とは

ものの動く速度とは別に、その存在を示す情報が伝わる速度があります。例えば、信号待ちの自動車の列では、青信号で前の車が動き始めるとき、後ろの車は前の車の動きを見て発進し、始動開始の情報はその速度に比べてゆっくりと自動車列の後ろに伝わります。情報の伝わりは音速のように目に見えず、また、速いので、私たちはものの動く速度だけを考えることに慣れていきます。しかし、ものが情報の伝達速度を超えて動くときには、不連続な変化を伴う特異な波動、衝撃波が現れます。空気中で音速を超える運動は不連続な

飛行の歴史で、超音速飛行は試行錯誤をくり返して発展し、初期の頃には空気中には目に見えない音の壁があつて自然は超音速を拒んでいるかのようにした。音の壁は衝撃波の発生でした。音速を超えるとき機体の周りには衝撃波が現れ操縦を不安定にしました。また、宇宙船が地球大気圏に突入して帰還するとき、 6 km/s を超えると高速となり、宇宙船の周りには衝撃波が発生し、衝撃波で加熱された空気は宇宙船を溶かす高温になります。宇宙開発の最後の難関はこの熱の壁を克服して地球に帰還する技術の開発でした。

瞬間に現れるので、人為的には放電、火薬の爆発、高圧気体の解放、高速衝突、気中や水中でのパルスレーザー光収束は衝撃波を伴います。気泡を含むコップの水に耳を近づけるとビチビチという音がします。これは、気泡運動で発生したマイクロな衝撃波が減衰した名残りの音です。海岸で岸に打ち寄せた波が切り立つこと、人や車の流る波が切り立つこと、人や車の流れに現われる玉突き衝突、また、インターネットでアクセスが集中して通信不能になることも一種の衝撃波類似現象です。重要なニュースをより速く視聴者に伝えることは報道の原則ですが、衝撃波発生時の物理とよく類似する概念です。このような類似現象をも取り上げ

空気中の高圧部分あるいは大振幅の波には音速を超えてより速く伝わるという属性があります。この性質は非線形性と呼ばれ、衝撃波は典型的な非線形波動です。一方、極微小振幅の波は音速で伝わり、空気中の圧力波の場合には音波なので、音は衝撃波が弱くなつた極限です。私たちは、容易に理解できることが一般的で、普遍性があつてもやや複雑なことを特殊と思ひ込む傾向があります。その結果、音の伝わりや遅い流れ現象はよく分かるけれども、高速で衝撃波を伴う現象は特殊と思ひ込んでいます。衝撃波は音速を超えて伝わる波動で、類似現象を含め広い領域に普遍的に現れ、特殊な現

衝撃波が血栓除去

レーザー照射で高速噴流発生

血管を移して伝わる「衝撃波」を血管内で発生させ、血栓を取り除く新たな基礎技術を開発し、東北大学と東北大学附属神経外科と共同で開発することに成功した。衝撃波の力を応用して遺伝子細胞に打ち込む研究も進んでおり、「衝撃波医療」という新たな分野を確立できる可能性が出てきた。(高山教授)と語る。研究成果は、今月下旬、米国テキサス州・ダラスで開催される「国際衝撃波シンポジウム」で発表される。

実験では、水中に固定した光ファイバーを通して、パルスレーザーを照射した。レンズ状に成形した光ファイバーの先端でレーザー光が収束、瞬間的に高熱になり、気泡が発生。気泡は超音速で膨張し、衝撃

東北大グループ 基礎技術開発に成功

波が発生した。レーザー照射を繰り返すと、気泡が衝撃波と干渉して膨張と収縮を繰り返して、高速の液性噴流(ジェット)になった。

研究グループは、人の血液で模擬血栓を試験管内に作り、同じ現象を発生させた結果、高速ジェットがビストンのように血栓を突き進むことを確認した。

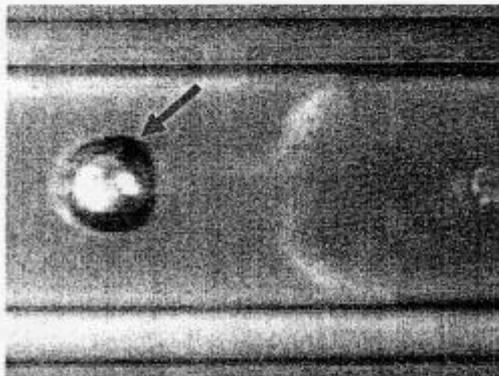


高山和義教授

脳血栓などの原因で血栓塞(じきん)を発症した場合、血管内に血栓溶解剤を投与し、血栓を溶かす治療法がある。しかし、血栓が硬かったり、溶けにくかったりした場合は、溶解剤を大量投与することが必要で、稀に脳出血などが出血する副作用を伴うとい

溶解剤減量も可能

遺伝子医療に応用も



衝撃波によって血栓を突き進むながら、制御した量の溶解剤を使うと、溶解剤だけを投与した場合に比べて約1/10の溶解が可能になると、溶解剤を投与する量を待てる。

高山教授は「衝撃波は航空分野だけでなく、学際的研究の広がりを持つ。このようなマイクロ分野でも応用できる」と話している。これらの研究は、国際的に水準の高い研究組織の育成を促す文部省(理文部科学省)の「中核的研究拠点(センター・オブ・エグゼレンス(COE))」形成プログラムに選ばれている。光ファイバーの先端に発生した液体噴流(気泡)が、模擬血栓の中に入り込んだ実験の様子。

少なくする効果が認められた。現在、カテーテルに光ファイバーを装着し、動物実験を重ね中だ。

東北大学附属神経外科の吉本高志教授は「脳梗塞は発症後数時間内の早期治療が求められる。衝撃波で血栓を除去する技術は、この早期治療に応用できるのではないか」と期待する。

研究グループはこのほか、衝撃波を遺伝子治療に応用(金剛山にパルスレーザーを照射すると膜の中に衝撃波が伝わり、瞬間的に膜が毎秒二・五ミリの速さで変形する現象に注目した。膜の反対側に遺伝子をまがした微粒子を付着させた超音速ではじ飛ばされ、生体組織に埋め込まれた。がん組織などに狙いを定め、局所的に遺伝子を埋め込むことが可能という。

文部省 平成12年度

00形成人間学

文部省は、平成12年度「00形成人間学」の採択事業として、以下の採択事業を実施する。

- ① 採択事業の概要
- ② 採択事業の目的
- ③ 採択事業の意義
- ④ 採択事業の採択基準
- ⑤ 採択事業の採択時期
- ⑥ 採択事業の採択方法
- ⑦ 採択事業の採択結果
- ⑧ 採択事業の採択結果の公表
- ⑨ 採択事業の採択結果の活用
- ⑩ 採択事業の採択結果の活用に関する留意事項



採択事業の採択結果は、文部省のホームページに掲載する。

採択事業の採択結果は、文部省のホームページに掲載する。

採択事業の採択結果は、文部省のホームページに掲載する。

採択事業の採択結果は、文部省のホームページに掲載する。

採択事業の採択結果は、文部省のホームページに掲載する。

複雑媒体中の衝撃波 様々な角度から解明研究

複雑媒体中の衝撃波の伝播特性を、様々な角度から解明する研究が、文部省の採択事業として実施される。この研究は、複雑媒体中の衝撃波の伝播特性を、様々な角度から解明することを目的としている。研究の概要は以下の通りである。

① 研究の目的

② 研究の意義

③ 研究の採択基準

④ 研究の採択時期

⑤ 研究の採択方法

⑥ 研究の採択結果

⑦ 研究の採択結果の公表

⑧ 研究の採択結果の活用

⑨ 研究の採択結果の活用に関する留意事項

⑩ 研究の採択結果の活用に関する留意事項

(第三種郵便物認可) 【新聞定価 朝夕刊一カ月3,925円(本体価格3,738円、消費税187円)】

短時間物理現象の研究で知られる「エルンスト・マツハ研究所」(ドイツ・フライブルク市)は3日までに、衝撃波現象の解明などで優れた成果を挙げた研究者に贈る「エルンスト・マツハメダル」を、東北大流体科学研究所付属衝撃波研究センター長の高山和喜教授(59)＝気体力学＝に授与した。

高山和喜・東北大教授

エルンスト・マツハメダルを受賞



高速力学研究所 現流体力学研究所の助教授などを経て昭和六十一年教授。六十二年からは研究所付属の衝撃波工学研究

本年度は、高山教授が

リサーチを務める東北大

の研究組織「衝撃波学際

研究拠点」が、文部省が

予算を重点配分する一

中、複雑な媒体をどのように

に選ばれた。

プログラムでは向こう

五年間で、衝撃波が生体

細胞、マグマ、津波など

大拠点となる日を夢見

て、さらに研究に励み

いと話している。

マツハは十九世紀のド

イツ、オーストリアで活

躍した物理学者、哲学者。

音速を超えて伝わる圧力

の波・衝撃波の写真撮影

に世界で初めて成功し、

物体が流れの速度を表す

単位「マツハ数」の由来

にもなった。

衝撃波解明に成果

12人目で 世界で 日本人では初の栄誉

高山教授は北海道小樽市生まれ、東北大学院工学研究科修了。東北大

センター(理衝撃波研究核的研究拠点)センター長を務めている。オプ・エクセレンス(COE)形成プログラム

伝わるのかを解明。手術のいらない血管(せん)

治療や、火山噴火の予知

・解明などへの応用を目指すという。

エルンスト・マツハメ

ダルはこれまで十一人の

研究者に贈られている

が、日本人では高山教授

が初めて。高山教授は献

身的に仕事を手伝って、

れた学生や職員に感謝す

る。東北大が衝撃波の一

大拠点となる日を夢見

て、さらに研究に励み

いと話している。

マツハは十九世紀のド

イツ、オーストリアで活

躍した物理学者、哲学者。

音速を超えて伝わる圧力

の波・衝撃波の写真撮影

に世界で初めて成功し、

物体が流れの速度を表す

単位「マツハ数」の由来

にもなった。

東北大の衝撃波研究組織選定

本年度・文部省の中核的研究拠点

国際的に水準の高い研究組織の育成を促す文部省の平成十二年度中核的研究拠点(センター・オブ・エクセレンス(COE))形成プログラムに、東北大の「衝撃波学際研究拠点」(研究リーダー・高山和喜流体科学研究所教授)が選ばれた。国から、世界的な学術研究組織としてお墨付を得た形で、東北大では九年度に「ニュートリノ科学研究所プロジェクト」、十一年度に「破壊の物理化学と制御研究施設」が選ばれたのに続く快挙。東北大直属の付置研究所としては初めての選定となった。

文部省が同じく五年間、間の補助金総額は約15億、高山教授らの研究組織に予 田に導きを通じた。算を重点配する。初年度 研究テーマは「複雑媒体

多彩な応用を期待 補助金15億円配分

は基礎研究だけで三億七 中の衝撃波現象の解明と学 千円内が決まってお、計 際活用」。普遍を語って伝 三面の国際シンポジウム のわる圧力の波・衝撃波が、 開催経費などを含め、五年 生体細胞やマクマ、津波な めは、手術のいらぬ血管 件が採択された。

「名表ともに」「衝撃波の東北大」を世界に認めさせるよう、成果を上げたい」と話している。

本年度のCOE形成プログラムには、東大の「近代日本の史料遺産プロジェクト」、大阪大の「生命素機構研究ユニット」など七

どの複雑な媒体をどのよう に伝播(伝)するのかわ、スーパーコンピュータによる数値計算と模擬実験を通じて探り、それぞれモデルの構築を図る。

従来の衝撃波研究は飛行機、自動車、産業機械などが対象で、媒体としては比

研究組織には流体研をはじめ、脳神経科学や惑星地球物理学など東北大内の各研究科のほか、東京 名古屋大など他大学の 39 名を連ねる。高山教授は

・結石治療、火山噴火の解明や予知など、多種多様な領域への応用が期待されるという。

年度の科学研究費補助金の配分額は4億円。7拠点の研究実施期間は5年間。
 (1)ほかに選定された研究拠点(研究リーダー、年間研究費は次の通り)。

▽東北大学の衝撃波学際研究拠点(高山和喜東北大学流体力学研究所付属衝撃波研究センター教授)3億7000万円▽京大の揮発性生体情報医学研究ユニット(本庶佑京大大学院医学研究科教授)3億6000万円▽大阪大学の生命素機構研究ユニット(近藤壽人大阪大細胞生体工学センター教授)3億4000万円

▽東京大学の量子ドット物性制御とナノバイス展開研究拠点(梅村大生産技術研究所教授)3億3000万円▽東大の前浜洋日本史史料連携プロジェクト(石上英一同史料編纂研究所教授)1億8000万円▽政策研究大学院大学のオーラル・政策研究拠点(御厨貴政策研究大学院大政策研究科教授)1億4000万円

今年度のCOE選定 京大など7拠点

文部省は特定研究分野で国際的な中核的研究拠点(COE)として機能発揮を旨とするCOE形成プログラムを2000年度選定先として、京都大学の元素科

学研究拠点など7拠点を決めた。同拠点は玉尾昭平京大化学研究所教授を研究リーダーに、元素の特性を生かした有機・無機複合体の構築を行う研究が目的。今

高速写真撮影とフォトニクス 9月24日から 仙台で国際会議

第二十四回高速写真撮影とフォトニクスに関する国際会議が九月二十四日から二十九日までの六日間、仙台国際センターで開催される。
 この会議は、開分野における、国際的に最も権威あるシンポジウムで、最新の研究成果の発表と、特に、高速現象の画像計測の主力がエマルジョンフィルムから光電素子を
 用いる方式に置き換わる科学技術史上興味ある転換期の情報交換が行われる。世界二十
 二カ国から百四十人、日本国内から百四十人、日本国
 果の発表と、特に、高速現象の画像計測の主力がエマルジ
 ョンフィルムから光電素子を
 用いる方式に置き換わる科学
 技術史上興味ある転換期の情
 報交換が行われる。世界二十
 二カ国から百四十人、日本国
 果の発表と、特に、高速現象
 流体力学研究所で、日本高速
 写真真研究会、日本機械学会
 画像処理学会、M E学会、
 日本航空宇宙学会、火
 災学会などの共催、協賛を得
 ている。