

# 逆ミラーボール多方向撮影法と 瞬間三次元CT計測

名古屋工業大学 大学院工学研究科  
機能工学専攻 准教授 石野 洋二郎

# 研究背景

現在，環境問題対策として風力などの新エネルギーが話題になっているが，一方では，20年後の未来でも全エネルギーの90%は「燃焼」により生産されるという予測が発表されている。

燃焼研究＝高効率&クリーン燃焼が目標

乱流予混合火炎を対象。（様々な燃焼形態）

拡散火炎⇔予混合火炎

層流火炎⇔乱流火炎

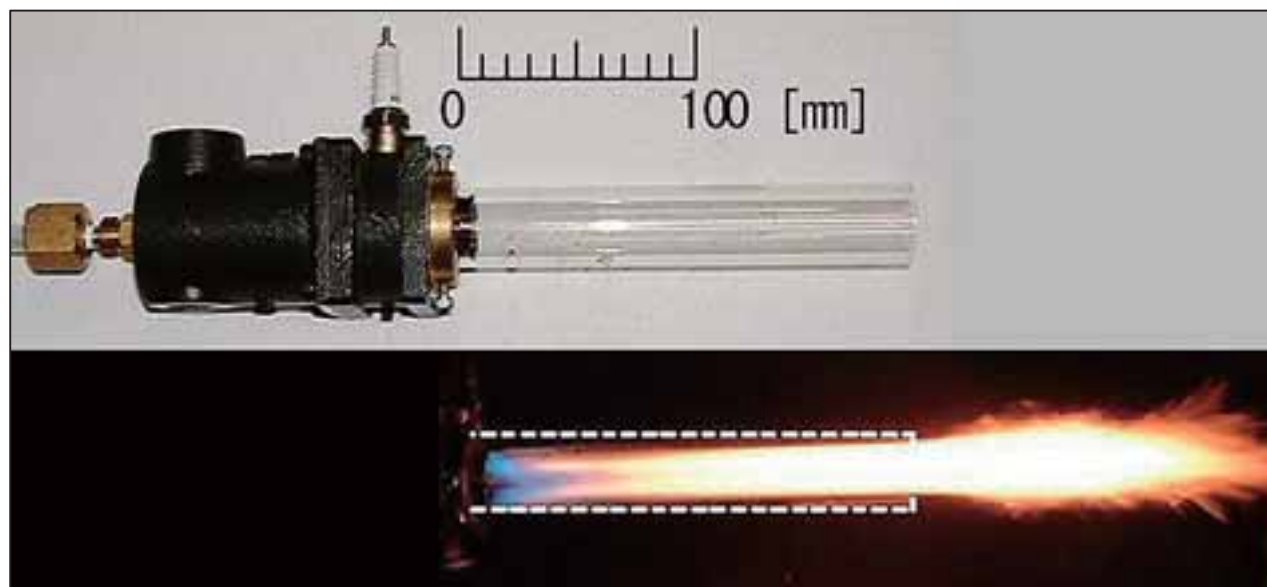
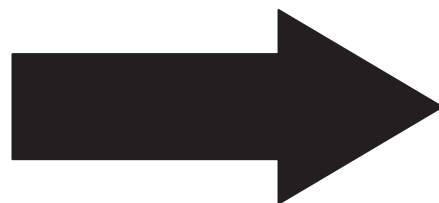
均質燃焼⇔不均質燃焼

ろうそく，アルコールランプ，噴霧，  
キャンピングバーナー，ガソリンエンジン，  
ディーゼルエンジン，薪ストーブ

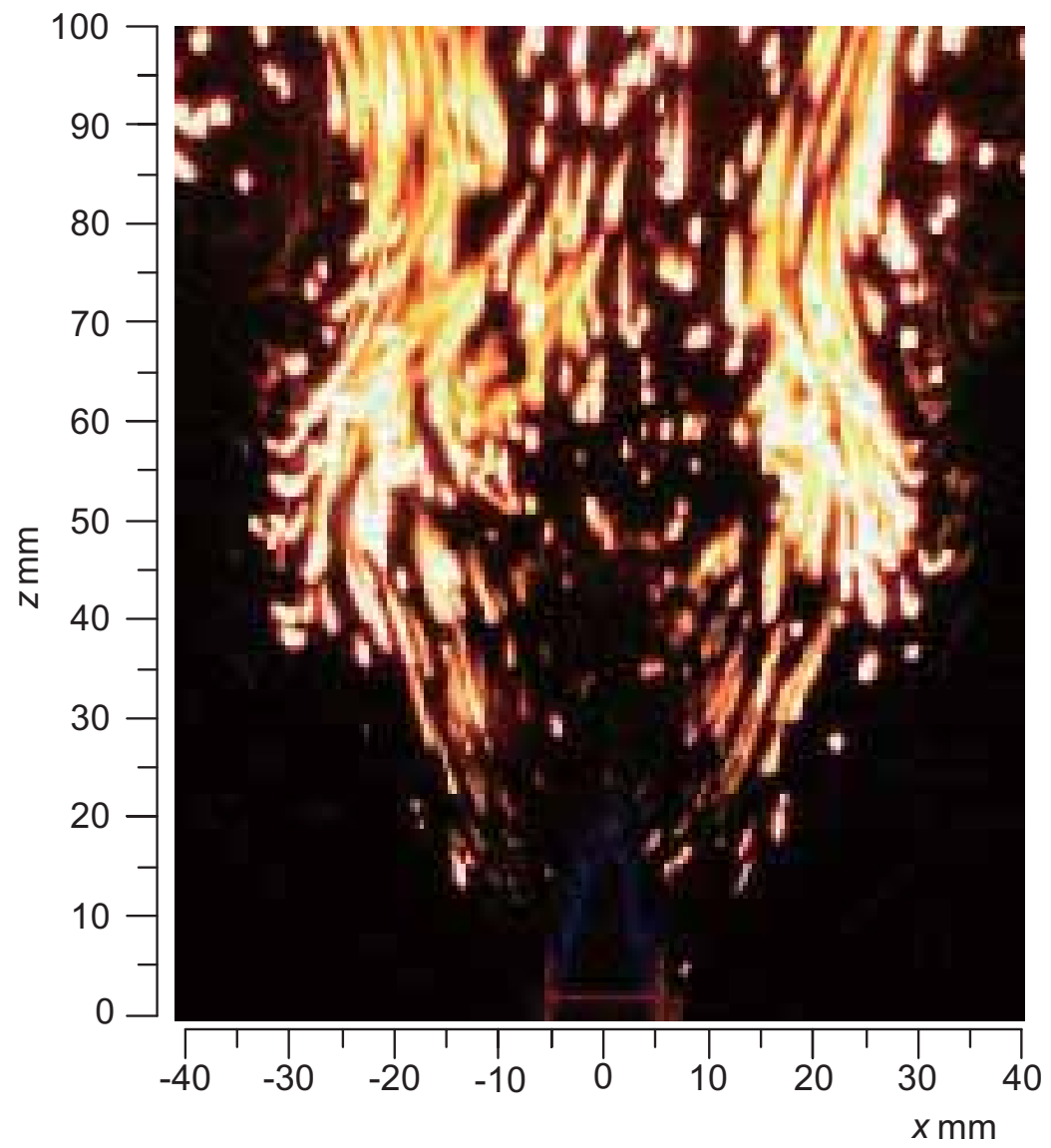


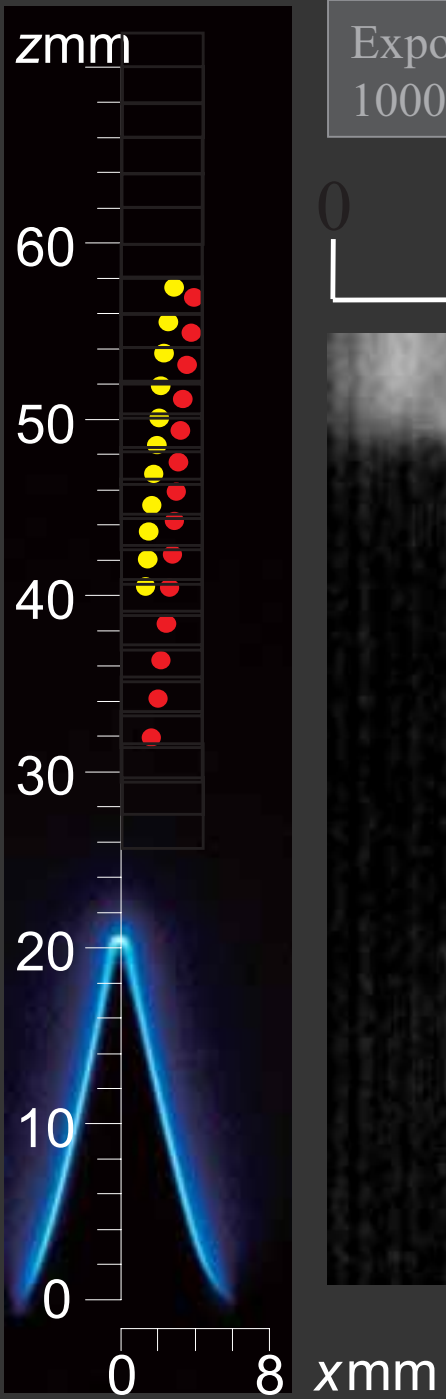


◆廃プラスチックのサーマルリサイクル  
「廃プラ粉末燃焼バーナー（特許取得）」，  
「廃プラ微粒子燃焼過程の顕微鏡高速度観察」



**PET**: Polyethylene terephthalate.  
Chemical formula  
 $(-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCOC}_6\text{H}_4\text{CO}-)_n$   
Lower Heating Value:  
21.8 MJ/kg (= HV of Coal)



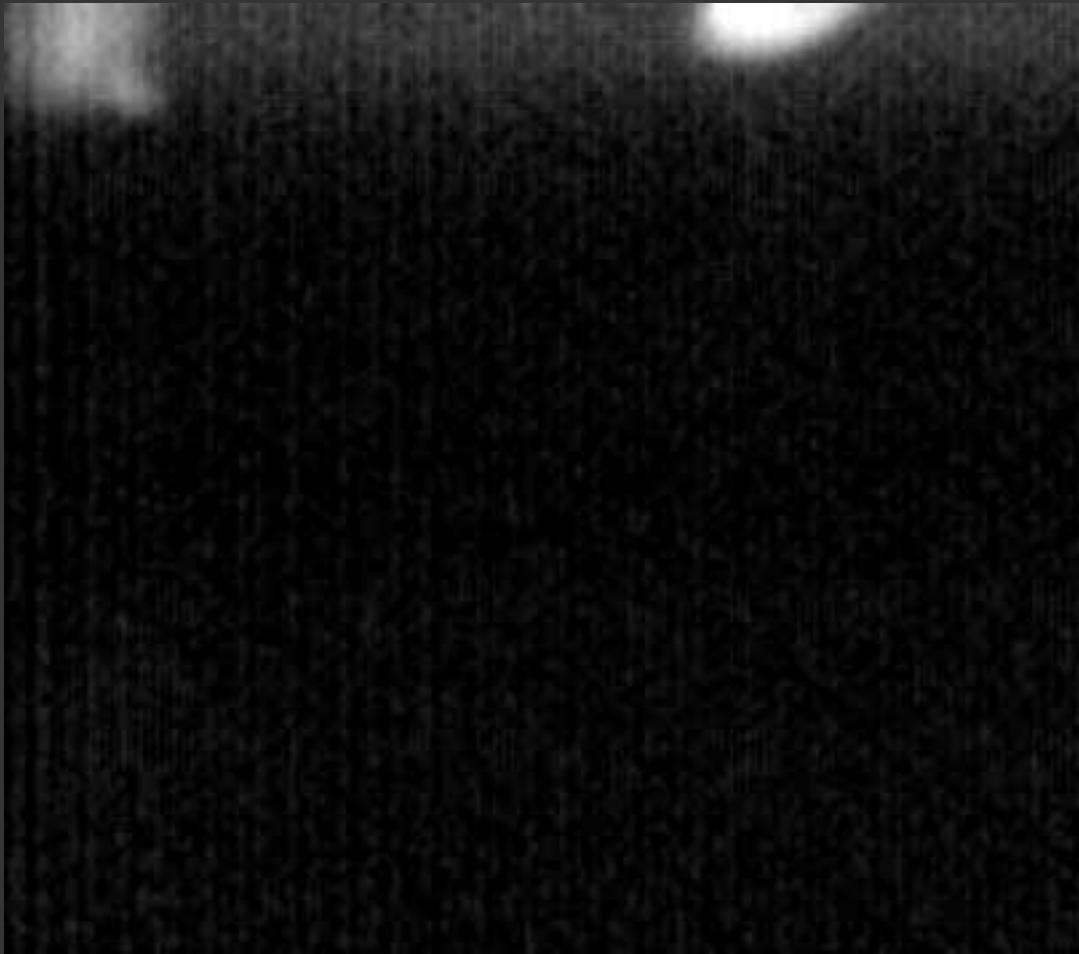


Exposure time : 1/3000 sec  
1000 frame/sec, F1.4

Elapsed time



**2 ms**





# 当該特許に関する研究

乱流予混合火炎の三次元構造の解明＝実用燃焼器の高効率&クリーン化に必要な実験的知見を得る。

手法：三次元C による瞬間燃焼状況の三次元計測

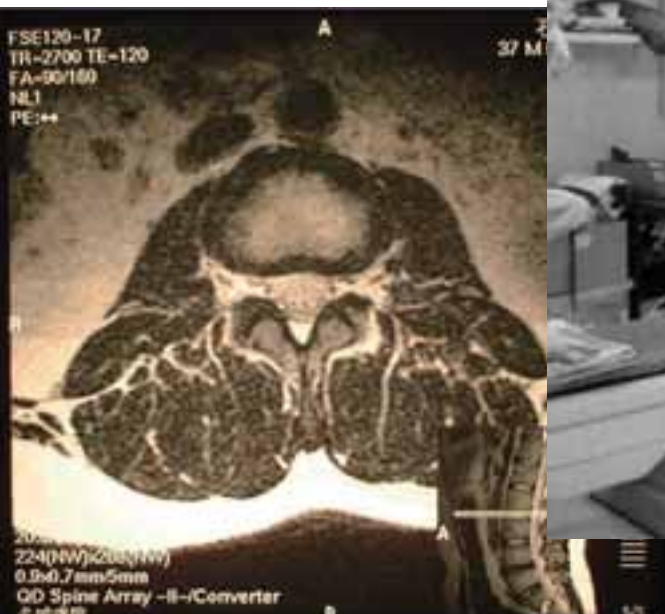
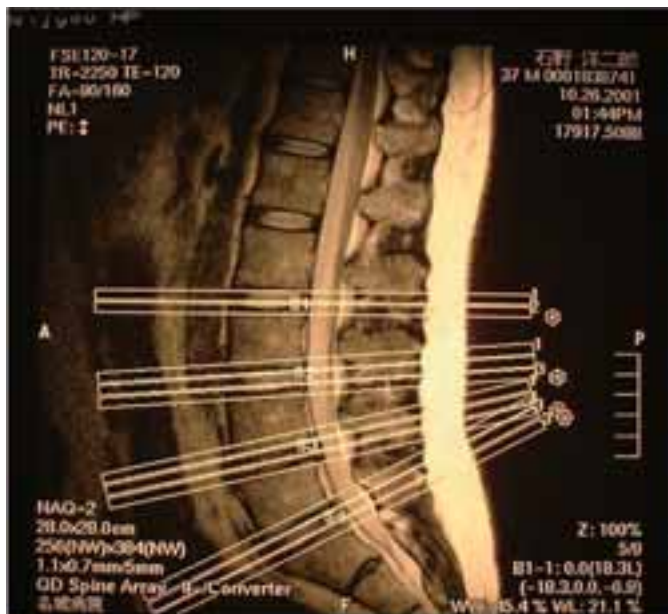
## 従来技術とその問題点

- 乱流予混合火炎の三次元構造の獲得
- 従来は、LIF法(レーザー誘起蛍光法)による二次元断面情報を利用。
- 1断面＝5000万円      300断面＝150億円

本手法＝50万円で300断面

## 新技術の基となる研究成果・技術

特殊カメラによる実例の紹介(2種類), 可視化情報学会 映像賞受賞



世代・名称	X線源・X線照射形態	検出器	スキャン時間
第1世代	シングルペンシルビーム 直線運動と回転運動	1個(0次元配列:点計測) 直線運動と回転運動	回転(二次元)スキャン時間:300秒
第2世代	ナローファンビーム (ファン角度は3~15°) 直線運動と回転運動	数個~数十個(一次元配列) 直線運動と回転運動	回転(二次元)スキャン時間:20~120秒
第3世代	ワイドファンビーム X線管回転	数100個(1次元配列) 検出器列回転	回転(二次元)スキャン時間:0.5~10秒
第4世代	ワイドファンビーム X線管回転	2000個以上.環状固定検出器 (1次元全周配列)	回転(二次元)スキャン時間:1~10秒
第5世代	電子ビーム偏向型	検出器固定(1次元全周配列)	回転(二次元)スキャン時間:0.05秒
ヘリカルスキャンCT	従来機では体軸周方向の回転スキャン時に体軸方向スキャンを静止させていたが、体軸方向スキャンを連続運動させるタイプ。三次元情報取得の高速化。1980年代に登場。		
マルチスライスCT	複数の検出器列(エレメント×チャンネル)を持ったCT。三次元情報取得の高速化。スキャンは必要。1990年代後半に登場。		
マルチスライスヘリカルCT	複数の検出器列(エレメント×チャンネル)を持つヘリカルスキャンCT装置。三次元情報取得の高速化。		
高速コーンビーム三次元X線CT(NEDOプロジェクトで開発中) [10]	コーンビーム	24×64チャンネルで1モジュールの面検出器。体軸方向に4ブロック。体周方向に38ブロック。総チャンネル数256×912。	三次元スキャン時間:1秒

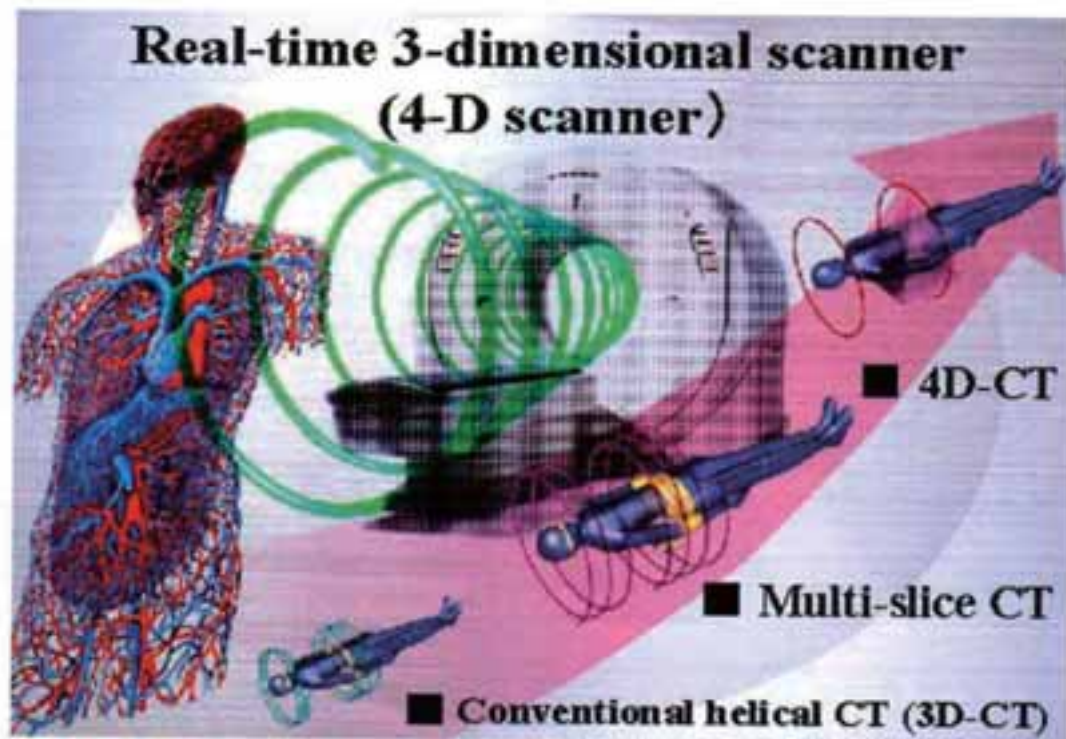


図1 CTの将来展望

マルチスライスCTは四次元スキャナ(4D-CT)の第一歩である。



図8 生体肝移植ドナー

a: 全肝抽出像

ワークステーション上で丁寧に全肝を抽出する。左葉内外側区域移植が予定され、予想される切除線(矢頭)でグラフトを切離する。

b: 切除グラフトのCT値ヒストグラム

切離されたグラフトの容積はワークステーション上で解析可能である。

c: 肝静脈像

肝静脈は切除線決定の基準となり、移植前の評価として重要である。副下右肝静脈が抽出されている(矢印)。

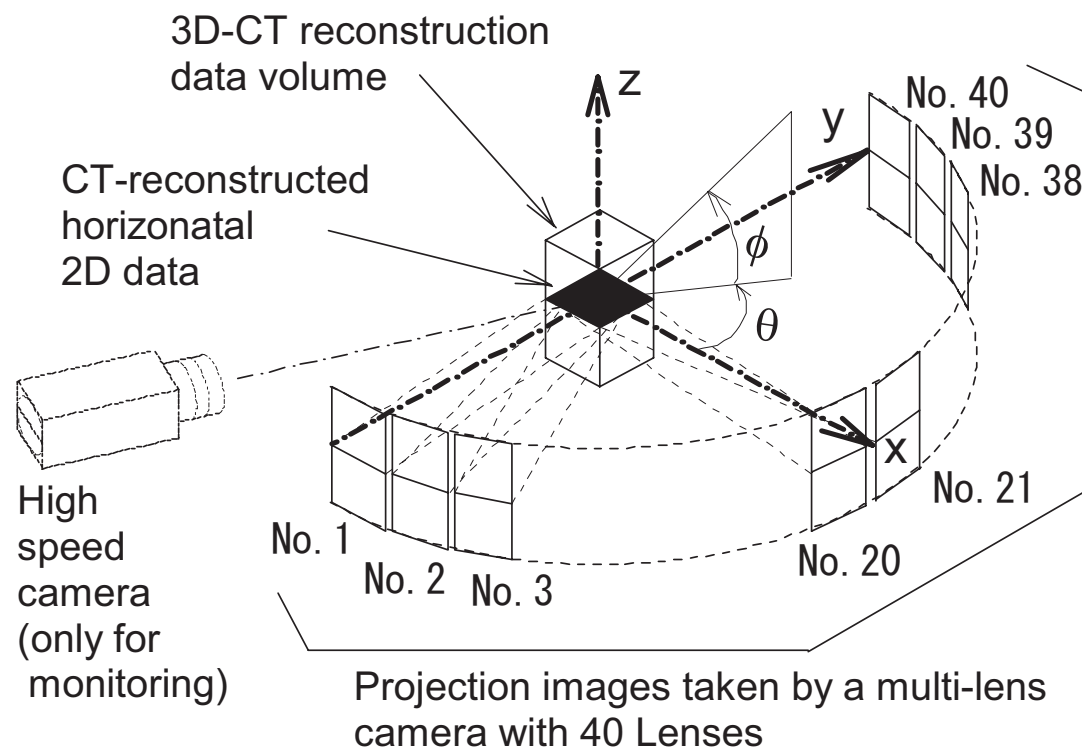
## C T計測物理量の分類

分類の通称	信号物理量	背景放射, 励起放射の必要性	検出物理量の例	備考
透過型CT法	X線	X線源必要	X線透過率(生体構造, 工業製品構造, 固体燃料形状[31])	
	赤外線	赤外線背景光必要	火炎温度・化学種濃度	
	可視光(レーザー干渉法)	干渉用レーザー背景光必要	火炎温度	
	超音波	超音波必要	火炎温度	
放射型CT法	放射可視光	不要	青炎輝度(～反応速度) 輝炎輝度(～温度)	民生用二次元センサー用可能
	放射赤外線	不要	火炎温度・化学種濃度	
	照明散乱可視光	照明光のみ必要	トレーサー粒子分布 噴霧	民生用二次元センサー用可能. 注: 粒子数の増加に伴い, 不透明体となる
	* 将来的にLIF(レーザー誘起蛍光強度)	レーザー励起光必要	火炎内化学種濃度分布	

Next : はじめに



- ・ 乱流予混合火炎の反応速度分布の瞬間三次元分布形状を計測
  - ・ 火炎発光(ラジカル発光) = 局所反応速度に比例
- ・ 数値解析との相性
  - ・ 発光 → 局所反応速度(局所燃料消費速度) → 数値計算可能な物理量
  - ・ 発光 ← → 数値解析



The concept of this measurement is based on the following two techniques;

#1:  
non-scanning projection-image acquisition (simultaneous photography)

#2:  
precise reconstruction of the projections by 3D-CT with MLEM algorithm

- ・ MLEM法を採用
  - 再構成バックプロジェクション時に奥行き方向の再配置を考慮する方法
  - アーチファクトが発生しない(cf. FBP法)
  - MLEM法=最尤推定期待値最大化法
  - 反復法(8回反復に設定)
  - バックプロジェクションビーム上でのみプロジェクションデータ値の分配演算を行うため、屈折・反射、三次元コーンビーム型再構成への対応が可能。

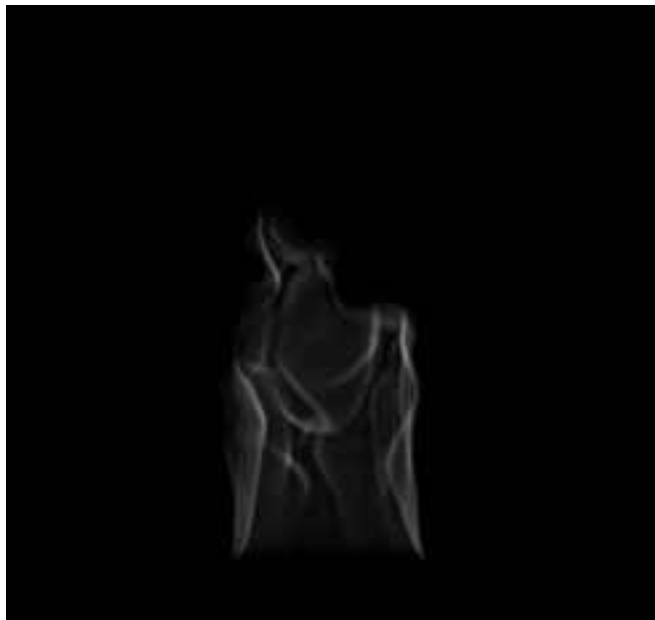
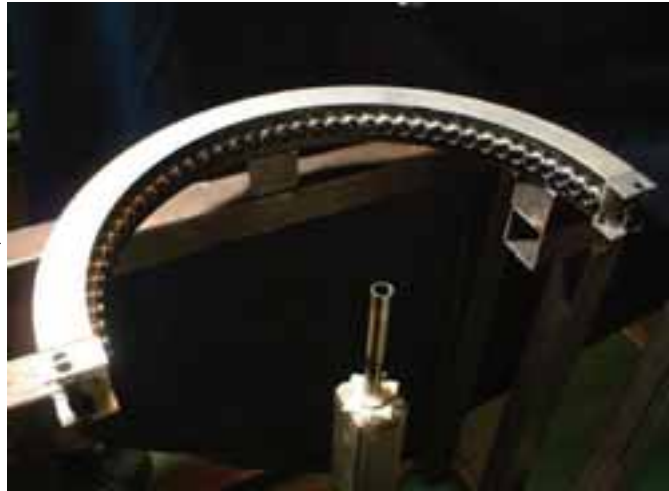
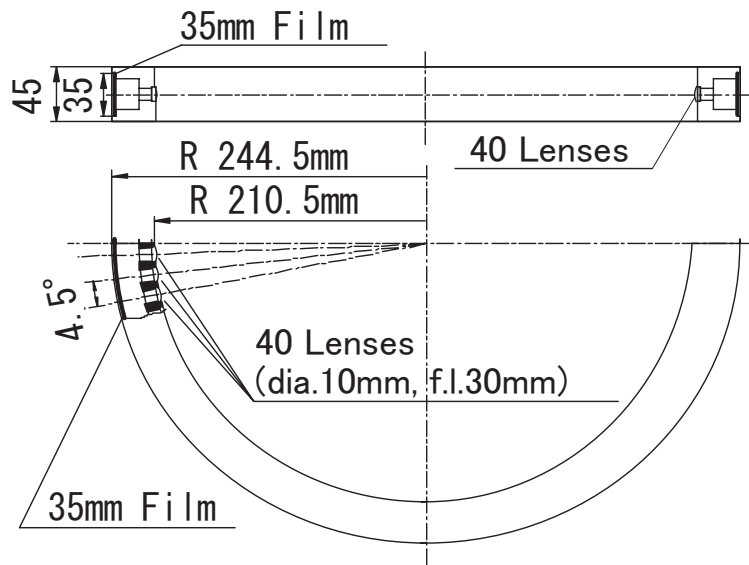
## タイムスライス撮影

映画「MATRIX」から

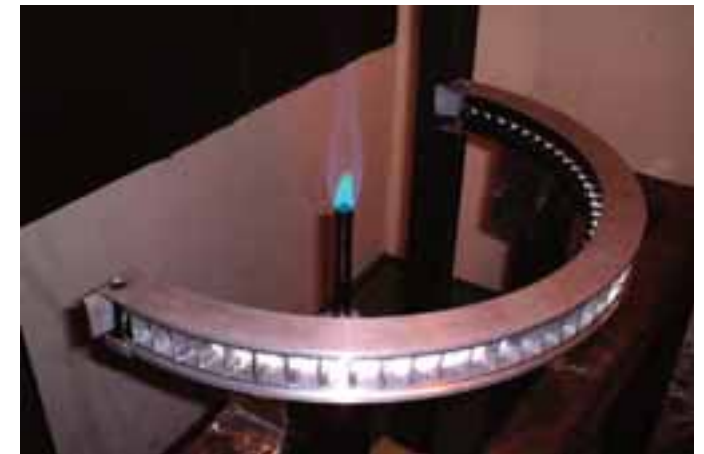


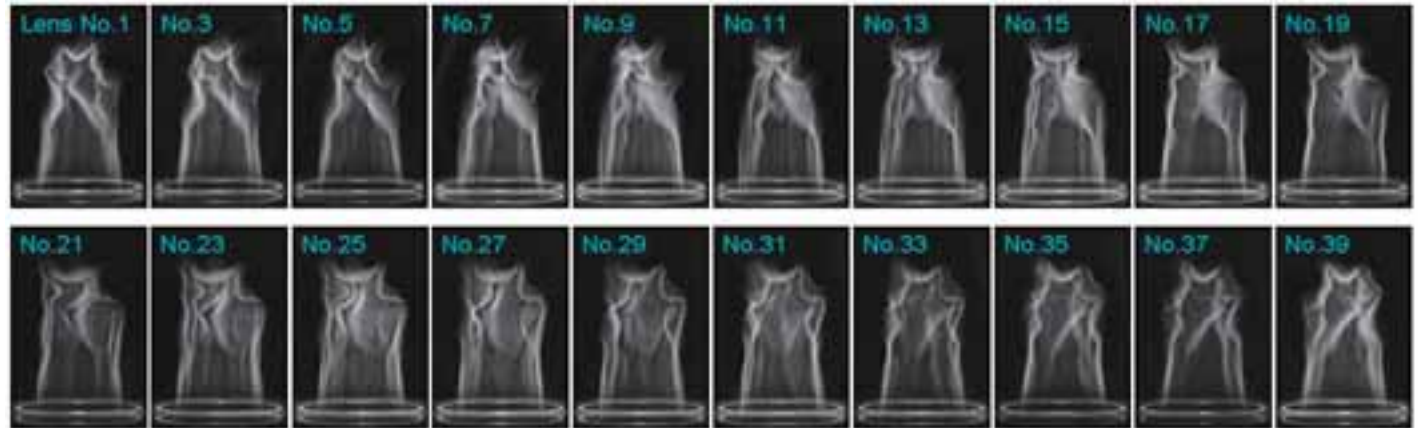
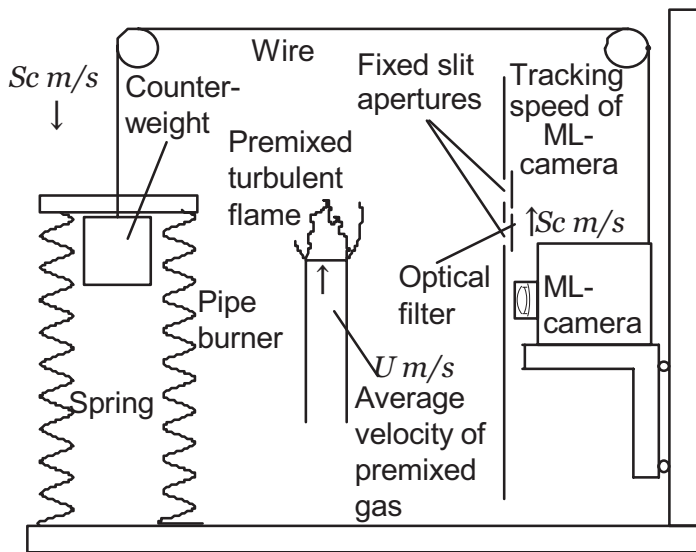
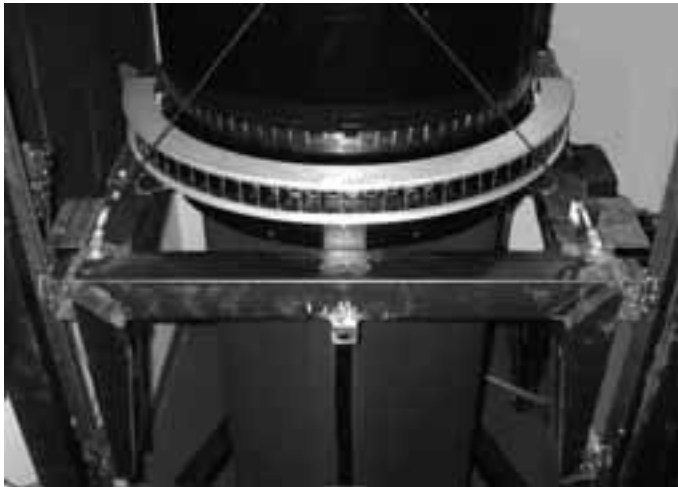
タイムスライス撮影により、  
本実験では、多方向からの  
瞬間火炎発光画像群を取得

Next : マルチレンズカメラ

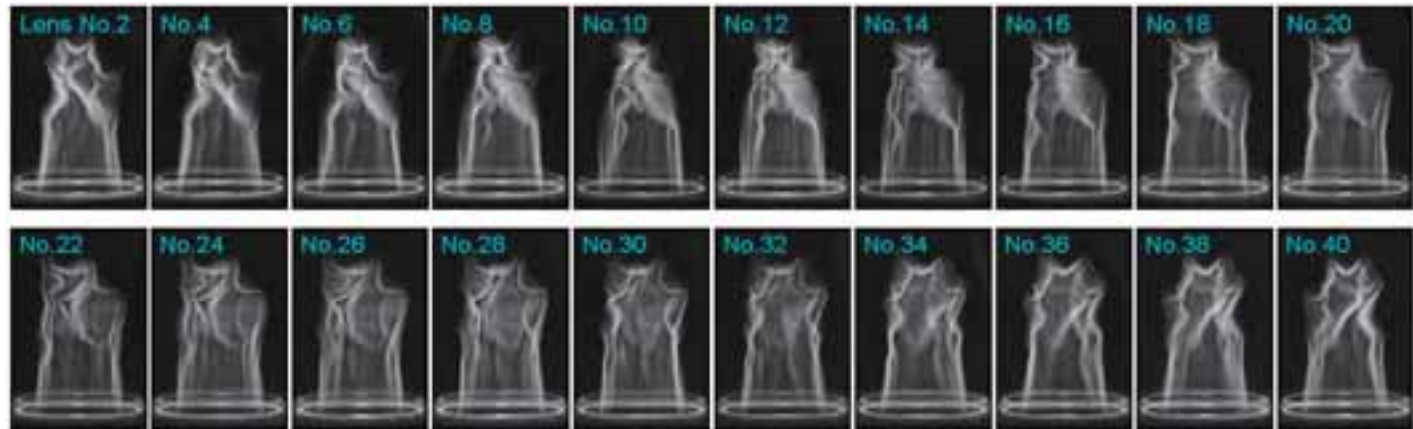


Burner : Pipe burner with  
turbulence promoting grid.  
Inner diameter 19.0 mm  
Outer diameter 22.1 mm  
Fuel : Propane  
Equivalence ratio of mixture  
:1.5 (fuel-rich)  
Average flow velocity  
of mixture: 1.76 m/s  
Turbulence intensity: 0.16 m/s  
(Relative turbulent intensity : 9.1%)





(a) First shot group :  $t = 0$  ms



(b) Second shot group :  $t = 1.29$  ms

Next: CT algorithm

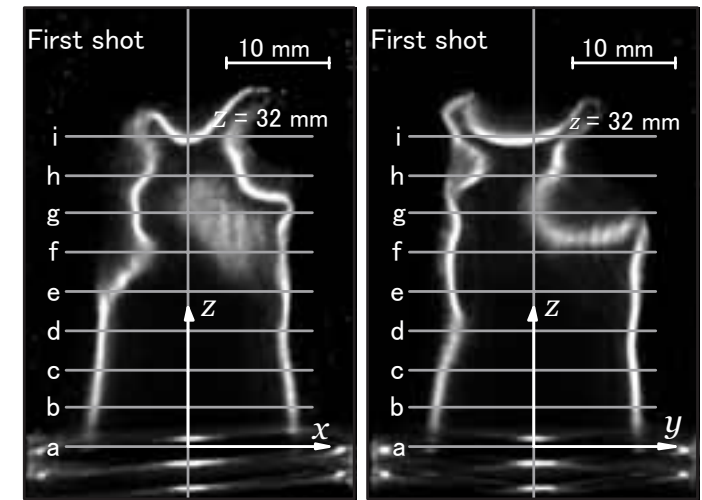
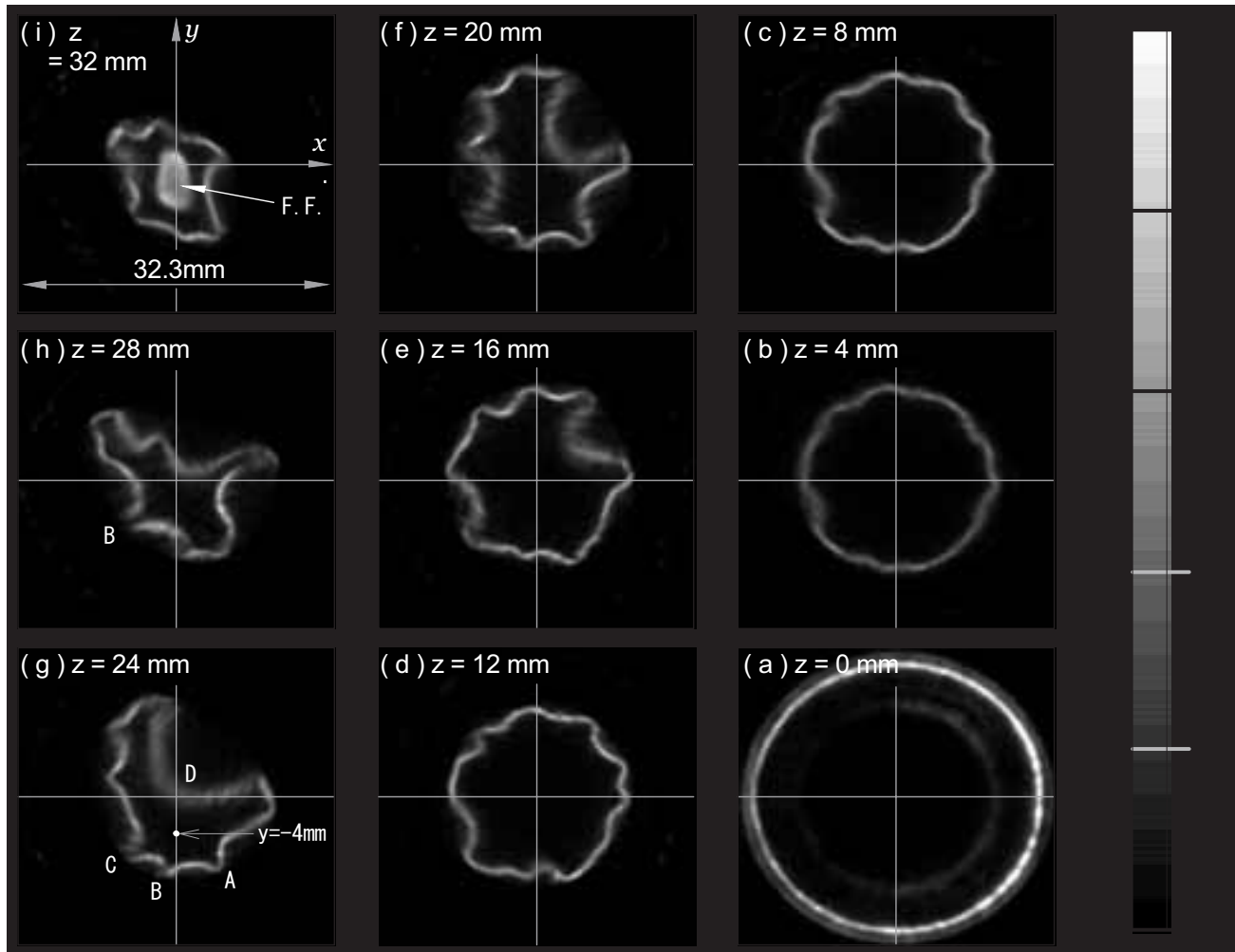
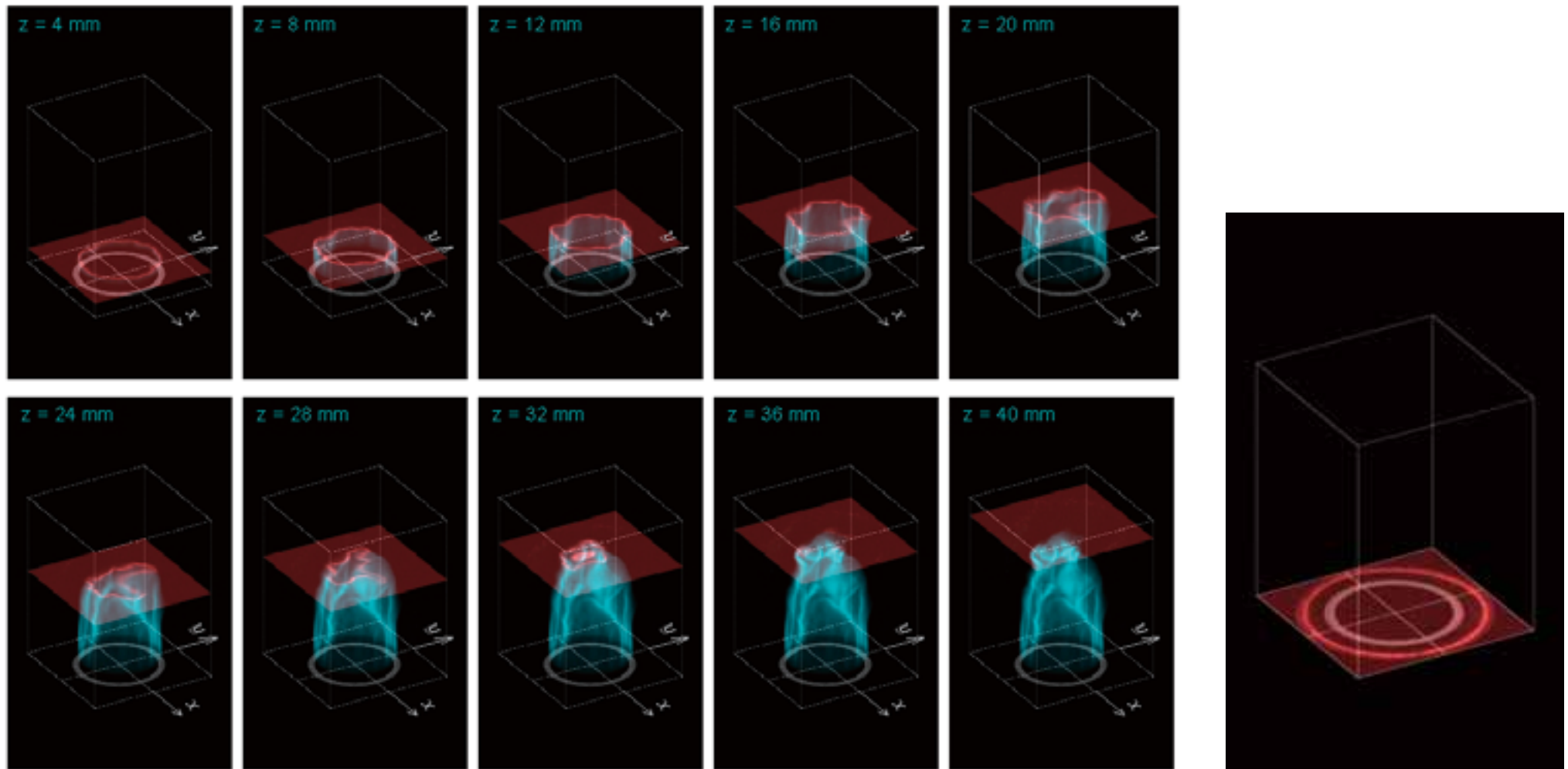


Figure 4(a): Reconstructed image piled up the CT-results indicated in fig.8 The lines give the position information for figure 5.

<first shot>

Figure 5(a): Nine samples of horizontal reconstructed distributions of light emission intensity of the fuel-rich flame. Thin wrinkled flame front is clearly reconstructed. The flame front is quenched at the cusps. The thickness of the luminous zone measures 0.6mm.

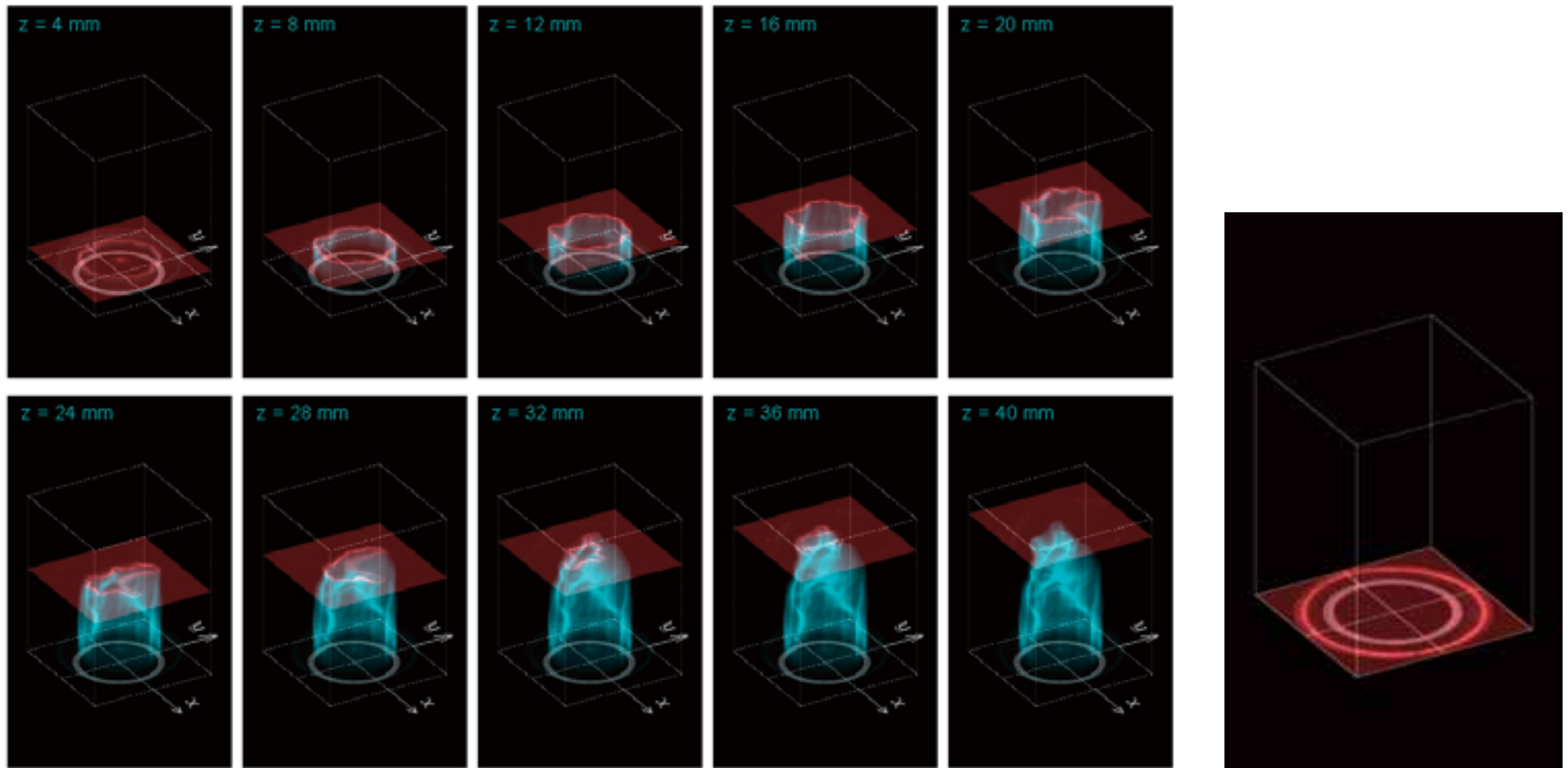
Next: Result of reconstruction 2nd shot



<first shot>

Fig. A set of the birds-eye view with horizontal cross-section information, which are indicated by red-colored levels. Directions of sight are fixed to the direction of  $(\theta, \phi) = (-30 \text{ deg}, 30 \text{ deg})$ , where  $\theta$  azimuthal angle to  $x$ -coordinate,  $\phi$  the angle of elevation. The heights of cross sections are denoted in figures.

Next: 3D display 2nd shot



<Second shot>

Fig. A set of the birds-eye view with horizontal cross-section information, which are indicated by red-colored levels.

Here flame-quenching has been observed as dark region of flame luminosity on 3D-CT data.

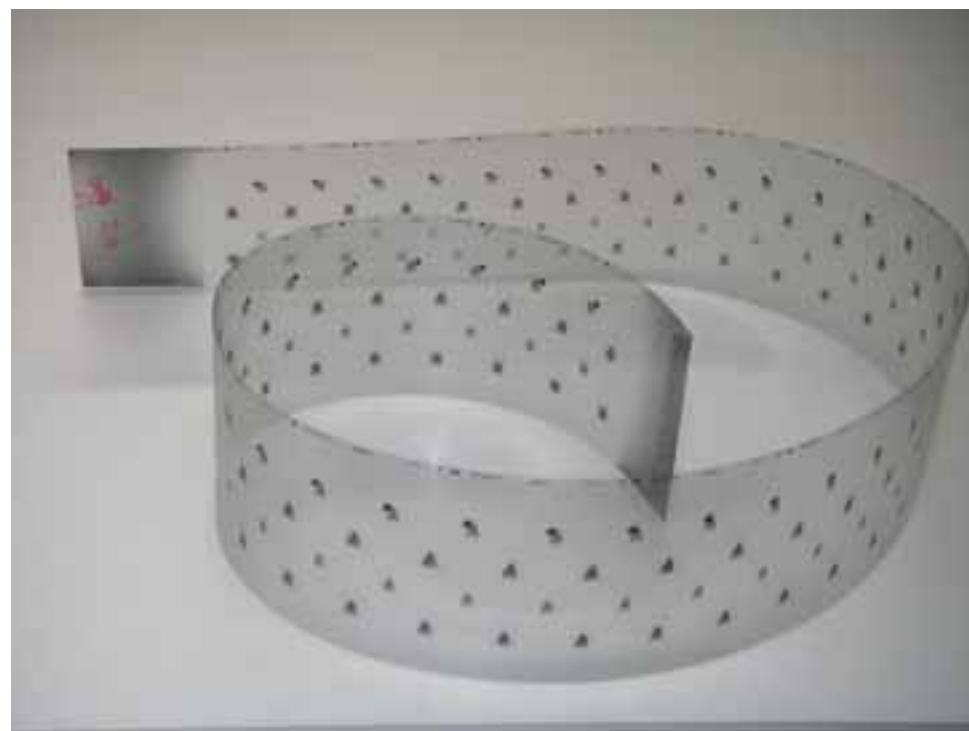
Next: Special digital processing : "Peeling" mapping

# 158眼カメラによる研究例

研究種目：基盤研究（C） 研究期間：2007～2008 課題番号：19560203

研究課題名（和文） 多眼カメラとCT法による非定常火炎の局所燃焼速度の瞬間三次元分布計測手法の確立

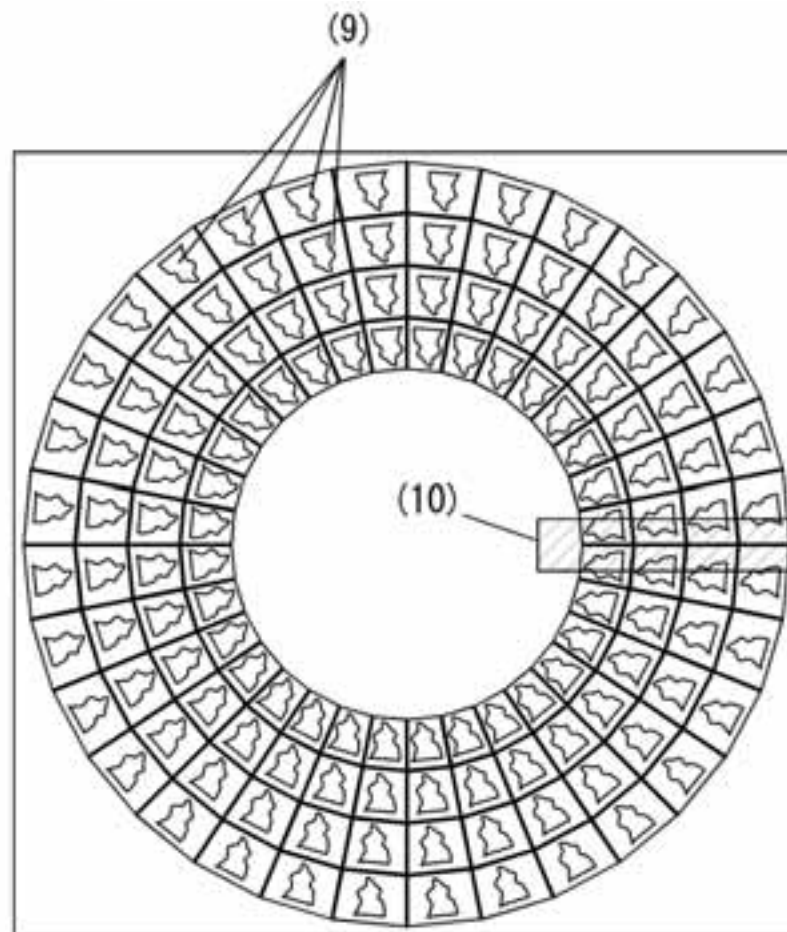
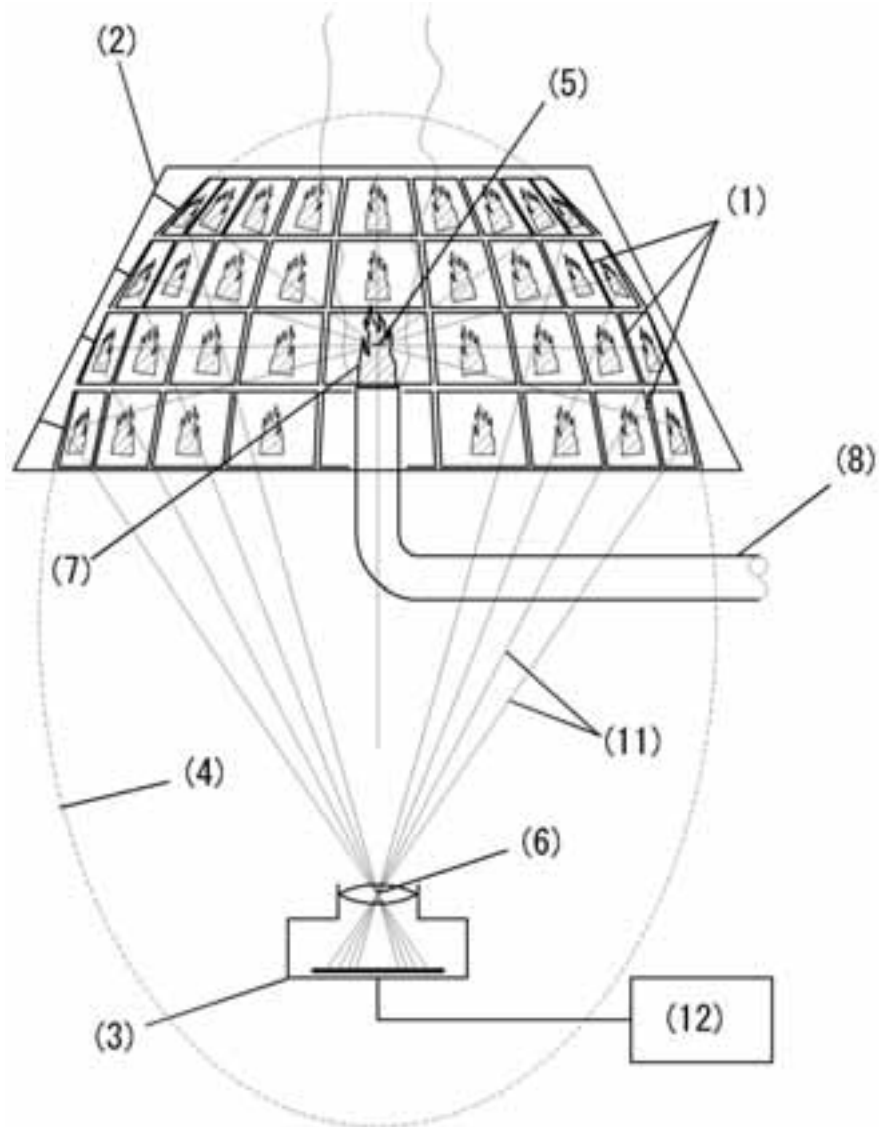
研究代表者 石野洋二郎

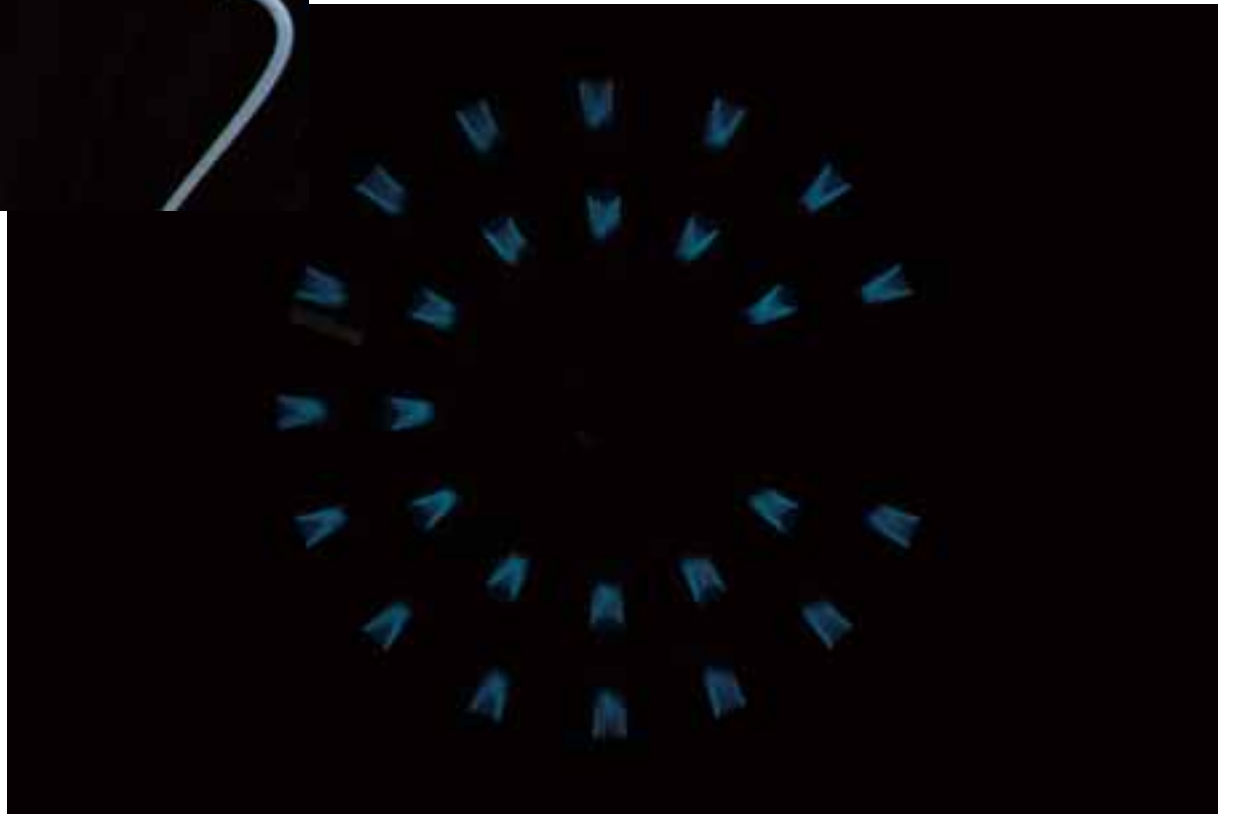


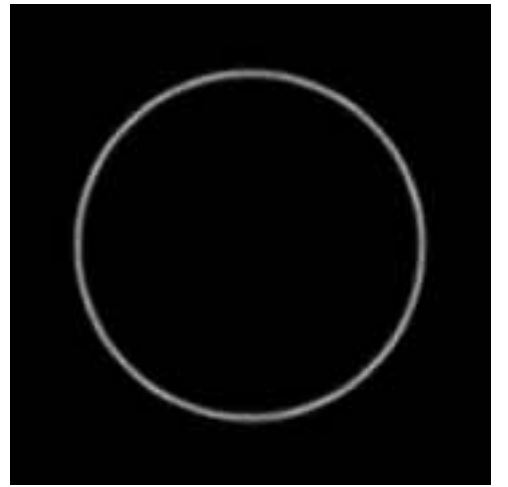
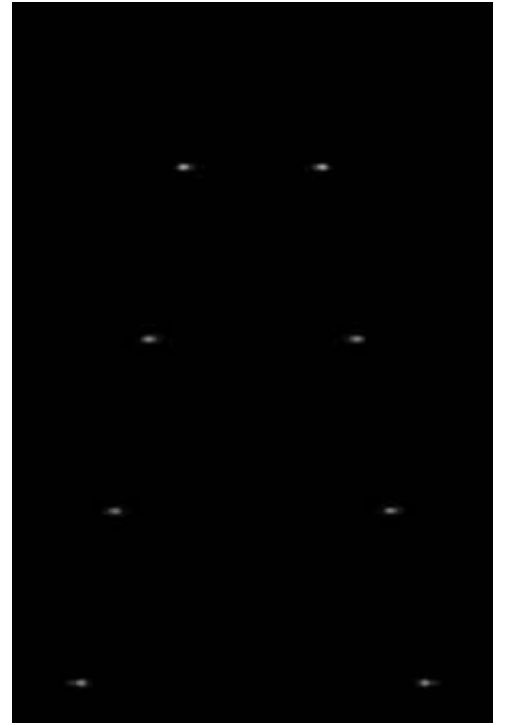
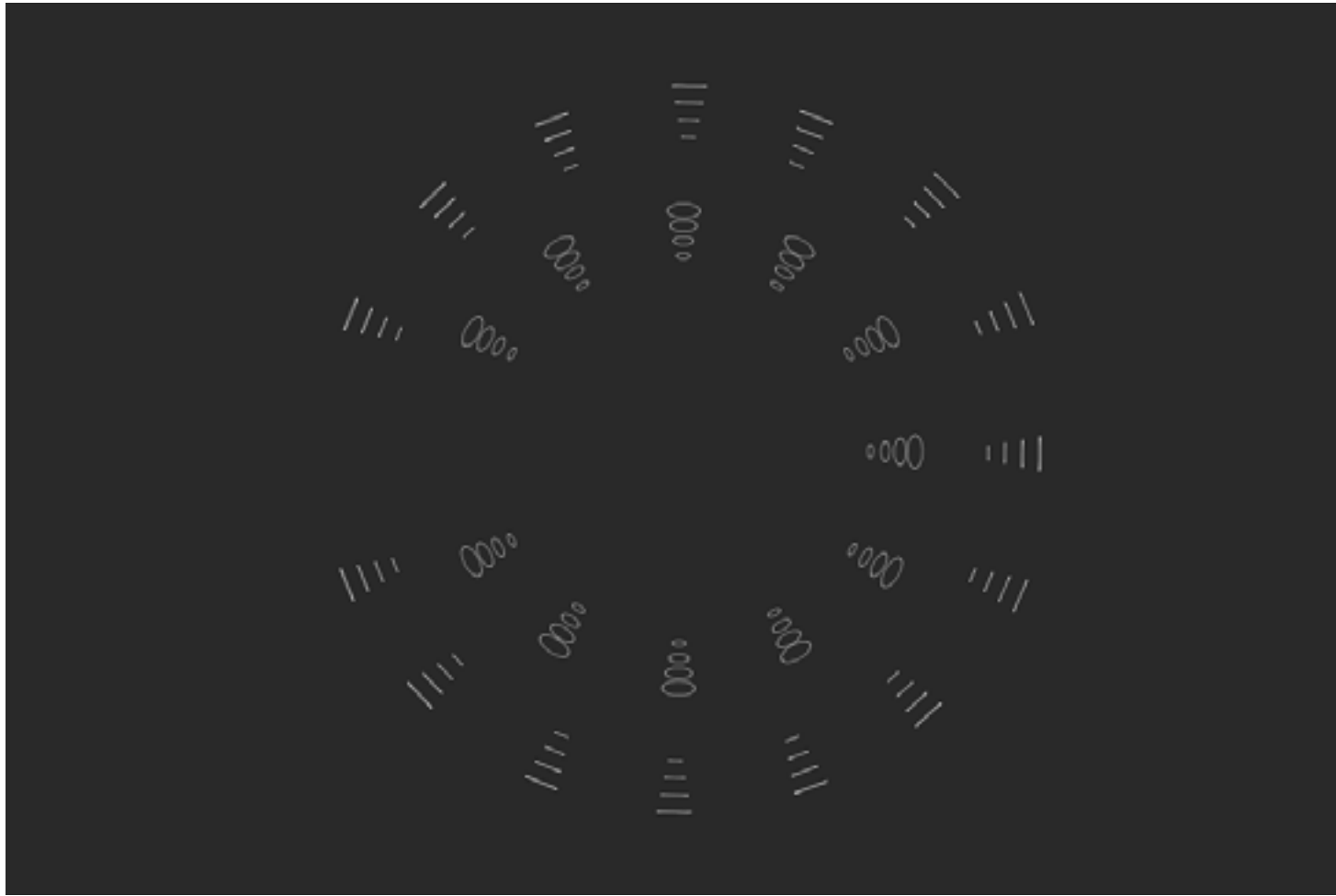
# 当該特許技術の概要

逆ミラーボール多方向撮影法と瞬間三次元C 計測

楕円面上に多数の平面ミラーを立体的に配置し、楕円面の2つの焦点に被写体およびカメラ／ビデオを設置する。この構成により、1台の撮影機によって被写体の多方向同時撮影を行う。さらに、撮影画像群に三次元C 処理を行い、被写体の瞬間三次元輝度分布を獲得する。







# 新技術の特徴

- カメラ／高速度ビデオカメラが1台のみ.
- コスト低減＝高性能な撮影機器が利用できる.
- 暗視装置(イメージインテンシファイア)も1個で良い.

# 想定される用途

- 半透明現象(乱流火炎, 噴流等)の三次元輝度分布計測
- 1台の高性能ビデオによる多方向同時高速度撮影(昆虫特殊映像)
- 水棲半透明生物(クラゲ等)の三次元構造の撮影
- 多方向実体顕微鏡

# 実用化に向けた課題

- 現在、火炎画像群について三次元再構成実施中。体積分布する輝度分布に対して、分配バックプロジェクションの再構成能力の向上が必要か。
- 今後、ミラー配置数を最大化させ、より逆(裏)ミラーボール的にし、再構成分解能を向上させることが必要。
- 顕微鏡下での使用に関する、シーズについては、現時点では公表できず。

## 想定される業界

- 利用者・対象      テレビ番組作成会社の特殊撮影部門, 顕微鏡メーカー, 燃焼研究分野, 流体計測器メーカー, 等
- 市場規模      新規事業となるため不確定

## 企業への期待

- 本特許は, 応用対象が多岐に渡るシーズであるので, 逆に, 使用可能なニーズをお持ちの方々と, 共同で発展させることも可能と考えています.

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 三次元C 計測システム
- 出願番号 : 特願2008-295062
- 出願人 : 名古屋工業大学
- 発明者 : 石野洋二郎

# お問い合わせ先

**名古屋工業大学**

**産学官連携センター 企画・管理部門**

**TEL 052-735-5627**

**FAX 052-735-5542**

**e-mail c-socc.all@ml.nitech.ac.jp**