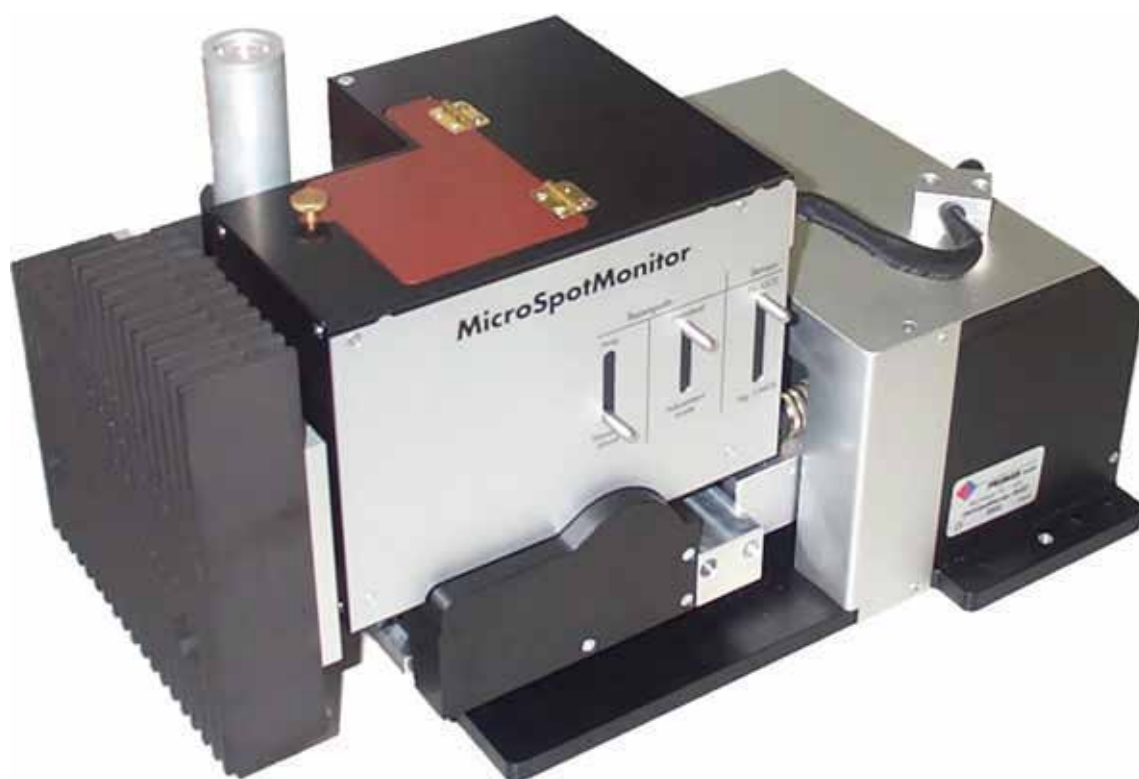


PRIMES マイクロ スポット モニタ  
LDSレーザ解析ソフトウェア  
(LaserDiagnoseSoftware 2.8.1)

操作マニュアル



# MicroSpotMonitor

LaserDiagnoseSoftware 2.8.1

## 目次

5	<b>1. レーザ安全上の注意</b> Laser Safety Precautions
8	<b>2. はじめに</b> Introduction
8	2.1 レーザ計測 Laser Beam Measurement
9	2.2 会社概要 PRIMES - The Company
11	2.3 マイクロスポットモニタ MicroSpotMonitor
12	2.4 本マニュアルについて What is Covered by this Manual
<b>14</b>	<b>3. セットアップ</b> Setup
14	3.1 ハードウェアのインストール Hardware Installation
17	3.2 ソフトウェアのインストール Software Installation
17	3.2.1 システム要件 System Requirements
17	3.2.2 LDSソフトウェア(LaserDiagnoseSoftware)のインストール Installing the LaserDiagnoseSoftware
17	3.2.3 USB変換ソフトウェアのインストール Installing the USB-Converter Software
19	3.2.4 イーサネット接続設定 Setting up an Ethernet Connection
19	3.2.4.1 LAN接続設定 Connecting to a Local Area Network (LAN)
19	3.2.4.2 コンピュータへダイレクト接続設定 Connecting Directly to a PC
20	3.3 LaserDiagnosticSystemの起動 Starting the LaserDiagnosticSystem
21	3.4 電源投入および初期設定 Power Up and Configuration
22	3.5 メカニカル設定 Mechanical Setup
<b>26</b>	<b>4. 最初の測定</b> The First Measurement
26	4.1 損傷閾値 Damage Thresholds
29	4.2 マイクロスポットモニタでの測定 Measuring with the MicroSpotMonitor
<b>32</b>	<b>5. LDSレーザ解析ソフトウェア(LaserDiagnoseSoftware)の操作方法</b> Using the LaserDiagnoseSoftware
34	5.1 測定 Measurement
34	5.1.1 焦点測定の準備 Preparing a Focus Measurement
34	5.1.1.1 センサのパラメータ Sensor Parameters
34	5.1.1.2 環境/測定環境 Environment / Measuring Environment
35	5.1.1.3 ビーム検索 - パラメータ設定 Beam Search - Parameter Settings
36	5.1.1.4 マイクロスポットモニタのデバイス情報 MicroSpotMonitor Device Info
36	5.1.1.5 マイクロスポットモニタの設定 MicroSpotMonitor Settings
39	5.1.2 シングル測定 Single Measurement
40	5.1.3 コースティック測定 Caustic Measurement
41	5.1.3.1 コースティック測定の準備 Preparing for a Caustic Measurement
41	5.1.3.2 自動コースティック測定 Automatic Caustic Measurement
41	5.1.3.3 手動コースティック測定 Manual Caustic Measurement
42	5.1.3.4 ビーム検索 - パラメータ設定 Beam Search - Parameter Settings
43	5.1.3.5 コースティック測定結果の表示 Display of Caustic Results
45	5.2 測定結果の表示と文書化 Display and Documentation of Measurement Results
45	5.2.1 疑似カラー Pseudo Colors
46	5.2.2 疑似カラー(フィルタ処理済み) Pseudo Colors (Filtered)
46	5.2.3 アイソメトリック3D表示 Isometric 3-Dimensional Display
47	5.2.4 86%または2次モーメントのレビュー Reviewing 86% or 2nd Moment
48	5.2.5 対称性チェック Symmetry Check
49	5.2.6 固定等高線 Fixed Contour Lines
49	5.2.7 可変等高線 Variable Contour Lines
50	5.2.8 グラフィック概要 Graphical Overview
50	5.2.9 カラーテーブル Color Tables
50	5.2.10 Position
50	5.2.11 Join
51	5.3 ファイル管理 File Management
51	5.3.1 新規ファイル New
51	5.3.2 ファイルを開く Open
51	5.3.3 ファイルの保存 Save
51	5.3.4 名前を付けて保存 Save As
51	5.3.5 エクスポート Export
51	5.3.6 設定の読み込み Load Settings
51	5.3.7 設定の保存 Save Settings
52	5.3.8 プロトコル Protocol
52	5.3.9 印刷 Print
52	5.3.10 印刷プレビュー Print Preview
52	5.3.11 最後に開いたファイル Last Opened File
52	5.3.12 出口 Exit
52	5.4 編集 Edit
52	5.4.1 コピー Copy

52	5.4.2 平面を削除 Delete Plane
52	5.4.3 すべての面を削除 Delete All Planes
53	5.5 通信 Communication
53	5.5.1 デバイスを探す Find Device
53	5.5.2 無料通信 Free Communication
53	5.5.3 見つかったデバイスの一覧 List of Found Devices
53	5.6 LaserDiagnosticSoftwareを制御するためのスクリプト Scripts for Controlling the LaserDiagnosticSoftware
53	5.6.1 エディタ Editor
53	5.6.2 リスト List
<b>55</b>	<b>6. 重要なプログラム機能の概要 Overview of Important Program Features</b>
55	6.1 メニュー Menu Tree
57	6.2 ツールバー Toolbars
58	6.3 メニュー項目「測定 - シングル測定 (測定設定)」 Menu Item “Measurement - Single Measurement (Measurement Settings)”
59	6.4 メニュー項目「測定 - センサパラメータ (測定設定)」 Menu Item “Measurement - Sensor Parameters”
60	6.5 メニュー項目「測定 - コースティック設定」 Menu Item “Measurement - Caustic Settings”
61	6.6 メニュー項目「測定 - 環境」 Menu Item “Measurement - Environment”
<b>63</b>	<b>7. 通信 Communication</b>
63	7.1 インタフェースのテスト Testing the Interface
64	7.2 デバイスとの通信 Communication with the Devices
<b>67</b>	<b>8. メンテナンスとトラブルシューティング Maintenance and Troubleshooting</b>
67	8.1 メンテナンス Maintenance
67	8.2 測定中のエラー Errors During a Measurement
67	8.3 MicroSpotMonitorに測定信号なし No Measurement Signal at the MicroSpotMonitor
67	8.4 フォルス バックグラウンド False Background
<b>69</b>	<b>9. 付記 Appendix</b>
69	9.1 仕様 Technical Data
69	9.1.1 寸法 Dimensions
69	9.1.2 測定範囲 Measuring Range
69	9.1.3 電源 Power Supply
69	9.1.4 D-SubミニコネクタのRS485バス ピンアサイン RS485 Bus Pin Assignments on the D-Sub Mini Connector
70	9.1.5 マイクロスポットモニタの寸法 Diagram of the MicroSpotMonitor with Dimensions
72	9.2 「Laserds.ini」ファイル例 “Laserds.ini” File - Example
72	9.3 SPSインターフェース SPS Interface
73	9.4 光学部品 Optical Components
74	9.4.1 測定対物レンズ Measuring Objective
76	9.4.2 プリズム Prisms
78	9.4.3 フィルタ Filter
79	9.4.4 ビームパスエクステンダ (BPE) Beam Path Extender (BPE)
80	9.4.5 キャリブレーションレンズ (CL) Calibration Lense (CL)
80	9.4.6 アブソーバ Absorber
80	9.5 トリガダイオード Trigger Diode
80	9.6 カメラチップ Camera Chips
80	9.6.1 CCDセンサ Charge-Coupled Device (CCD) Sensor
81	9.6.1.1 構造 Structure
83	9.6.1.2 出力 Output
83	9.6.1.3 トリガ Trigger
84	9.6.2 CMOSセンサ Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS) Sensor
84	9.6.2.1 構造 (ダイナミクス、分解能など) Structure (Dynamics, Resolution, etc.)
85	9.6.2.2 出力 Output
<b>87</b>	<b>10. ビーム解析の基礎 Fundamentals of Beam Diagnosis</b>
87	10.1 レーザービームパラメータ Laser Beam Parameters
88	10.1.1 回転対称ビーム Rotationally Symmetric Beams
89	10.1.2 非回転対称ビーム Non-Rotationally Symmetric Beams
90	10.2 ビームデータの計算 Calculating Beam Data
90	10.2.1 Nullレベルの決定 Determining the Null Level
91	10.2.2 ビーム位置の決定 Determining Beam Position
91	10.2.3 パワー密度分布のセカンドモーメントを用いたビーム半径の決定 Determining Beam Radius Using the 2nd Moment of the Power Density Distribution
92	10.2.4 86%ビームパワーを用いた半径決定 Radius Determination Using the 86% Beam Power
93	10.2.5 測定誤差 Measurement Errors
93	10.2.5.1 Nullレベル決定のエラー Error in Null Level Determination
93	10.2.5.2 信号のオーバードライブ Overdriving the Signal
94	10.2.5.3 誤った測定ウィンドウサイズからの誤差 Errors From Incorrect Measurement Window Size



## 1. レーザ安全上の注意

### < 注意 >

マイクロスポットモニタ (MicroSpot Monitor) は、高出力レーザのビーム経路内またはその近傍で測定を実行するように設計されています。

装置自体はレーザ光線を放射しません。しかしながらレーザ光線は装置を通して導かれ、装置から散乱する可能性があります。

ハイパワー マイクロスポットモニタのすべてのユーザには測定装置の取り扱い方法の教育がなされていることに加え、ハイパワーレーザ、ビーム誘導システム、焦点合わせの作業に関する基本的な知識が必要です。

MicroSpotMonitor、BeamMonitor、FocusMonitor、PolarizationMonitor、RadiusMonitor、PowerMonitor など、装置の不適切な使用はPRIMES社により固く禁止されています。意図した以外の方法で使用すると、装置が損傷したり破壊されたりする可能性があります。人体への危険や死亡事故につながる可能性があります。装置を操作する際は、人体への危険性がないことを確認する必要があります。

可視または不可視のレーザ放射、特にカバーされていないレーザビームシステム、ビーム誘導システムまたは加工領域がある危険な場所に人がいる場合、人体への保護が必要です。これは装置を使用するあらゆる用途に当てはまります。測定手順の間に、直接放射または反射放射によるレーザ放射の避けられない危険が常に存在します。適用される安全性規制は以下の規格で規定されています。

米国規格協会(the American National Standards Institute)によるIEC-60825-1規格、ANSI Z 136 「レーザの安全規格/Laser Safety Standards」、ANSI Z 136.1 「レーザの安全な使用/Safe Use of Lasers」に規定されている有効な国内および国際安全規格を遵守してください。

アメリカレーザ研究所(Laser Institute of America / Tel: 1-407-380-1553)によるその他の規格、「レーザ安全の基本/Laser Safety Basics」、「LIAレーザー安全ガイド/LIA Laser Safety Guide」、「レーザアイプロテクションの選択のためのガイド/Guide for the Selection of Laser Eye Protection」、「レーザ安全情報/Laser Safety Bulletin」およびACGIH(6500 Glenway Avenue D-5, Cincinnati, OH 45211)による「レーザハザードの管理の手引き/Guide of Control of Laser Hazards」を遵守してください。

**レーザビームのコア径の内側または近くにあるモニタリング装置の適切で安全な使用において以下のすべてが必要です。**

- ◆ 現在のレーザ光源の種類に関する有能な専門知識
- ◆ 測定装置に関する十分な知識と理解
- ◆ 使用中のレーザの既存の波長に適合したレーザ安全ゴーグル
- ◆ 直接的なレーザ照射、散乱光および関連する光放射を安全なレベルまで低減するための保護
- ◆ 自走または集光ビームのためにレーザシャッターを即座に閉じることを可能にする安全装置または緊急安全装置。
- ◆ 反射光のリスクを軽減し、光軸に対するモニタの相対的な動きを回避するための、測定装置自体の堅固な取り付け面 (最高の性能を保証するためにも必要)。

国内および国際的な規制に準拠するためには、特に高出力レーザービームの使用、制御、アライメントに関する事故防止規則において、適切な保護手順と機器が必要です。これらは、例えば遮蔽スクリーン、保護用レーザー安全ゴーグル、加熱されたときにガスまたは蒸気を放出する危険性のある物質を含まないビームガイド要素およびトラップの使用（両者またはいずれかの使用）ということです。

モニタ装置の製造者および供給者は、モニタまたは関連するソフトウェアの不適切な使用または取り扱いに起因するいかなる損害または傷害に対しても責任を負うものではありません。製造者または販売者は、測定装置の直接的または間接的使用に起因する人的、物的、または財政的損失に対する損害について、購入者またはユーザから責任を問われることはありません。



## 2. はじめに

### 2.1 レーザビーム計測

レーザビームパラメータの制御は製造の信頼性を高めるのに役立ちます。  
レーザビームは主に次のように表現されます。

- ◆ レーザパワー
- ◆ ビームサイズおよび集光されていないレーザビームのビーム位置
- ◆ ビームサイズおよび集光ビームのビーム位置
- ◆ レーザビームの偏光

これらの基本的なビームパラメータは、レーザ加工の結果に大きな影響を与えます。  
最高の加工品質を確保するためには、これらのパラメータの変動を検出して改善する必要があります。  
変動は以下によって引き起こされる可能性があります。

#### レーザの内部原因

- (例) ◆ 光学部品の劣化
- ◆ レーザ共振器のミスアライメント

または下記の原因も可能性があります。

#### ビーム制御システムまたは集光ユニットの効率

- (例) ◆ ミラーやレンズなどの汚れやミスアライメント
- ◆ 空気中の有機ガスによるサーマルブルーミング

製造結果は、主に焦点のレーザパワーとパワー密度に依存します。  
これらのパラメータの変化は製造工程のスピードと品質を劇的に低下させる可能性があります。  
したがって、焦点領域の正確なビーム位置とレーザパワー密度分布を把握することは重要です。

レーザビームパラメータの周期的測定は、効率的なレーザビーム性能を確実にするために有効です。効率的なレーザビーム性能は、信頼性の高い材料加工および高品質の製造製品の維持に不可欠です。

この目的のために、PRIMESは工業界で必要な測定を実行できるシステムを設計しました。  
制御システムへの接続は、計測結果のシームレスな文書化を保証します。



## 2.2 PRIMES 会社概要

PRIMESは、レーザ測定装置の製造メーカーです。

PRIMESのレーザ測定装置は、ハイパワーCO<sub>2</sub>レーザ、固体レーザからファイバレーザやダイオードレーザに至るまで、ハイパワーレーザのビーム解析に使用されています。

以下のパラメータを決定するための多種多様なレーザ測定装置を豊富なラインナップでご用意しています。

- ◆ レーザパワー
- ◆ ビームサイズおよび集光されていないレーザビームのビーム位置
- ◆ ビームサイズおよび集光ビームのビーム位置
- ◆ レーザ品質  $M^2$

PRIMESでは、レーザ測定装置の開発および製造を行っております。

これにより、お客様のご要望を迅速かつ確実に満たすための基盤となる、最適な品質、優れたサービス、迅速な対応を保証しています。

**PRIMES**Max-Planck-Str. 2 · D-64319 Pfungstadt · [info@primes.de](mailto:info@primes.de) · [www.primes.de](http://www.primes.de)

## PRIMES - レーザ計測装置の概要

### BeamMonitor

ビームモニタ

ハイパワー  
IRレーザ計測



### FocusMonitor

フォーカスモニタ

ハイパワーレーザ計測

集光点、集光及び  
デフォーカス過程



### MicroSpotMonitor

マイクロスポットモニタ

VIS / NIRレーザ、  
CW及びパルス対応

微細集光点計測



### PocketMonitor

ポケットモニタ

レーザパワー測定  
携帯型パワーモニタ



### PolarizationMonitor

偏光モニタ

ハイパワーCO<sub>2</sub>レーザ  
偏光面、偏光角計測



### PowerMonitor

パワーモニタ

ハイパワー計測  
レーザパワーメータ



### Absorber

アブソーバ

数kWまで対応

- ・自然冷却
- ・空冷
- ・水冷



### RadiusMonitor

ビーム径モニタ

低出力レーザ  
レーザビーム径  
集光位置計測



### BeamScanner

ビームスキャナ

レーザ加工機内部の  
非集光ビーム  
計測システム



### ActiveBeam

アクティブビーム

レーザ加工機内部の  
生ビーム径の制御用  
アクティブ テレスコープ



## 2.3 マイクロスポットモニタ / MicroSpotMonitor

マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) は、350nm～1100nmまでの波長に対応するカメラベースのレーザビーム解析システムです。

この装置は集光されたレーザビームの解析に使用され、加工用光学系の焦点範囲内における空間パワー密度分布を測定します。

このシステムは、焦点半径、空間位置、ビーム伝播係数K、M<sub>2</sub>を計算します。



図2.1 マイクロスポットモニタ

マイクロスポットモニタは様々なセンサを使用しています。利用可能なセンサは、電荷結合素子 (CCD) センサおよび対数相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) センサを含みます。

CCDセンサは分離された画像で130dbのダイナミックレンジを提供しますが、CCDセンサは一定の積分時間を使用した場合の標準的なダイナミックレンジは55dbです。積分時間を10 $\mu$ sから200 msecに追加制御することで、ダイナミックレンジを120db以上に拡大することができます。このダイナミックレンジでは、ISO 11146で要求されているように4レイリー長を超えるコースティック測定を行うことが可能です。これによりマイクロスポットモニタに統合されたZ軸が単純化されます。

マイクロスポットモニタの開発中の主な目的は、ミクロン幅のサイズの小さなビームを測定することと、パルスレーザでも同様の測定を可能にすることでした。

マイクロスポットモニタは、マイクロ材料加工のように非常に細く集光されたレーザビームを制御、モニタリング、特性評価するための理想的な計測器です。

ビーム計測は回折限界測定レンズを通して接線方向に行われます。

これはまた、高出力密度 (10GW/cm<sup>2</sup>) のビームを測定することを可能にします。

マイクロスポットモニタは、最大20の異なるz位置における焦点近傍の空間ビーム分布を自動的に測定および分析します。

測定値はISO 11146規格に準拠しています。

## 2.4 このマニュアルについて

このマニュアルはマイクロ スポット モニタ (MicroSpotMonitor) での操作方法について説明しています。測定装置は、PCを介して、または必要に応じてシステム制御を介して制御されます。

以下の記載内容は、PCソフトウェアでの操作について説明し、マイクロ スポット モニタの設定、通信に関する質問、および操作に焦点を当てています。

お客様の要望に応えるために、ソフトウェアは継続的に改善されています。したがって、記載内容と実際のソフトウェアバージョンとの間にはわずかな違いがあるかもしれませんので予めご了承ください。

さらにご質問がある場合は、コンピュータにインストールされているソフトウェアバージョンの詳細を入手してください。現在のソフトウェアバージョン、作成日、およびレーザ診断ソフトウェアが作成されたWindowsのバージョンは、メニュー項目「ヘルプ - レーザ診断ソフトウェアについて」にあります。



図 2.2 メニュー項目「ヘルプ - レーザ診断ソフトウェアについて」



### 3. セットアップ

以下に、システムの基本的な電気的および機械的構成を説明します。

!

2つのメスコネクタ付きのケーブルを使用して、  
変換器のRS232プラグをコンピュータに接続するだけです。

PCがPRIMES社のバスに直接接続されていると、深刻な損傷を受ける可能性があります。

また、電源が入った状態でケーブルを外さないでください。  
装置の通信回路に害を及ぼす可能性があります。

#### 3.1 ハードウェアのインストール

電圧供給とデータ転送には2つのオプションがあります。

- ◆ シリアル / USB
- ◆ Ethernet

右図を参照してください。

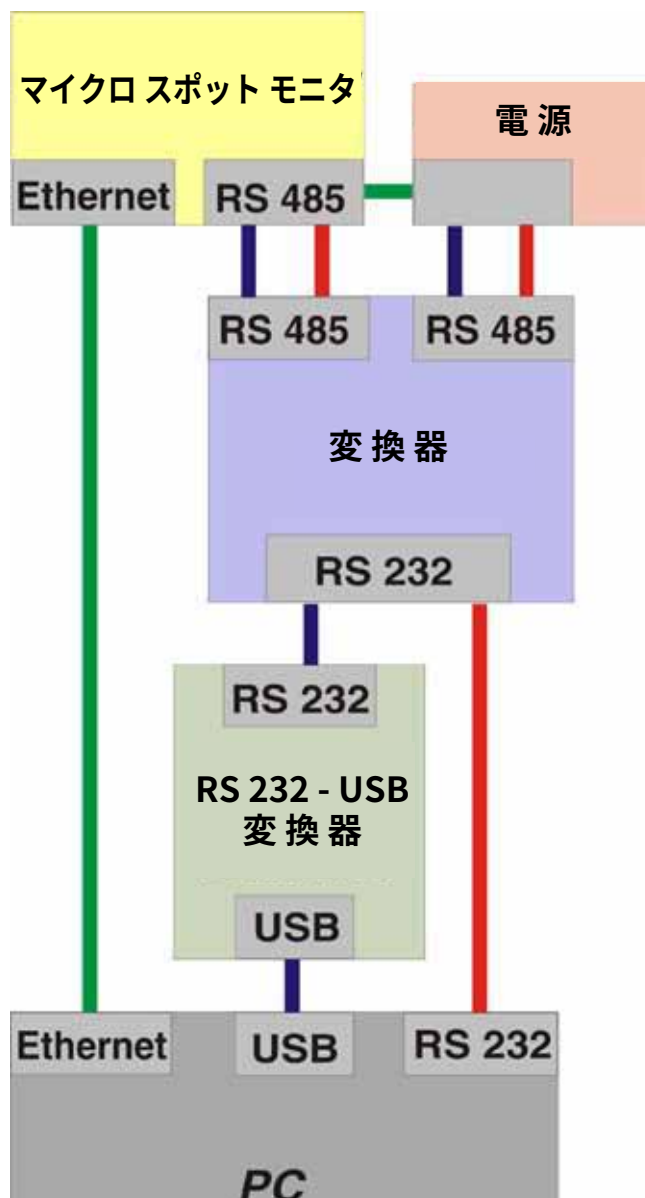
- ・シリアルインターフェース（赤線を参照）

マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) はデータ通信と電源電圧のためにPRIMES社のバスに接続されています (第3章及び第7章7.2項を参照)。データ転送はオスの9ピン、ミニDコネクタが2つ付いたシールドケーブルを使用したRS485バスシステムに基づいています (図3.1)。PCとの通信のために、データはPRIMES社の変換器を使用してRS485からRS232に変換されます (図3.4)。PCとシールドコンバータの接続には、メスの9ピン、ミニDコネクタが2つ付いたシールドケーブルを使用します (図3.1)。PRIMUS社のバスは、測定装置とデータ転送に安定した供給電圧を供給します。



PRIMES バス ケーブル(オス-オス) RS232シリアルケーブル(メス-メス)

図 3.1 PRIMES バス ケーブル及びRS232シリアルケーブル



### USBインターフェース (青色)

このPCへの接続は、RS232-USBコンバータの使用のみが異なります。

この接続については、PRIMES社の変換器のPC出力とコンピュータのUSBポートの間にあります。



図 3.2 RS 232 - USB 変換器

### イーサネットインターフェース (緑色)

マイクロ スポット モニタ (MicroSpotMonitor) がイーサネットインターフェースを介してコンピュータに接続されている場合は、PRIMES社の変換器は必要ありません。

電源はマイクロ スポット モニタのシリアルRS485バスに直接接続されています。コンピュータへの接続は、クロスケーブルを使用して直接行うことも、通常のパッチケーブルを使用してネットワーク経由で行うこともできます。



図 3.3 クロスケーブルまたは標準パッチケーブル

### PRIMES社製 変換器

PRIMES社の変換器には、バスの現在の状態を表示するための4つのLEDがあります。

以下の通り(左から右)に示します。

- 赤     バス電源(24V)
- 緑     測定装置はバスのデータを送信
- 赤     PCはバスにデータを送信
- 黄     トリガ信号 (サービス専用)

これらの信号はデバイスの誤動作のトラブルシューティングに役立ちます。



図 3.4 PRIMES社製 変換器



図 3.5 電源

図3.6は、シリアル通信とUSB変換器を使用してマイクロスポットモニタ(MicroSpotMonitor)をコンピュータと電源に接続する方法を示しています。

電圧降下を防ぐために、短いケーブル(2m)を使用して電源をマイクロスポットモニタに直接接続する必要があります。RS232とのデータ通信はトラブルや信号の破損の影響を受けやすいため、PCとコンバータ間のバス接続はできるだけ短くする必要があります。

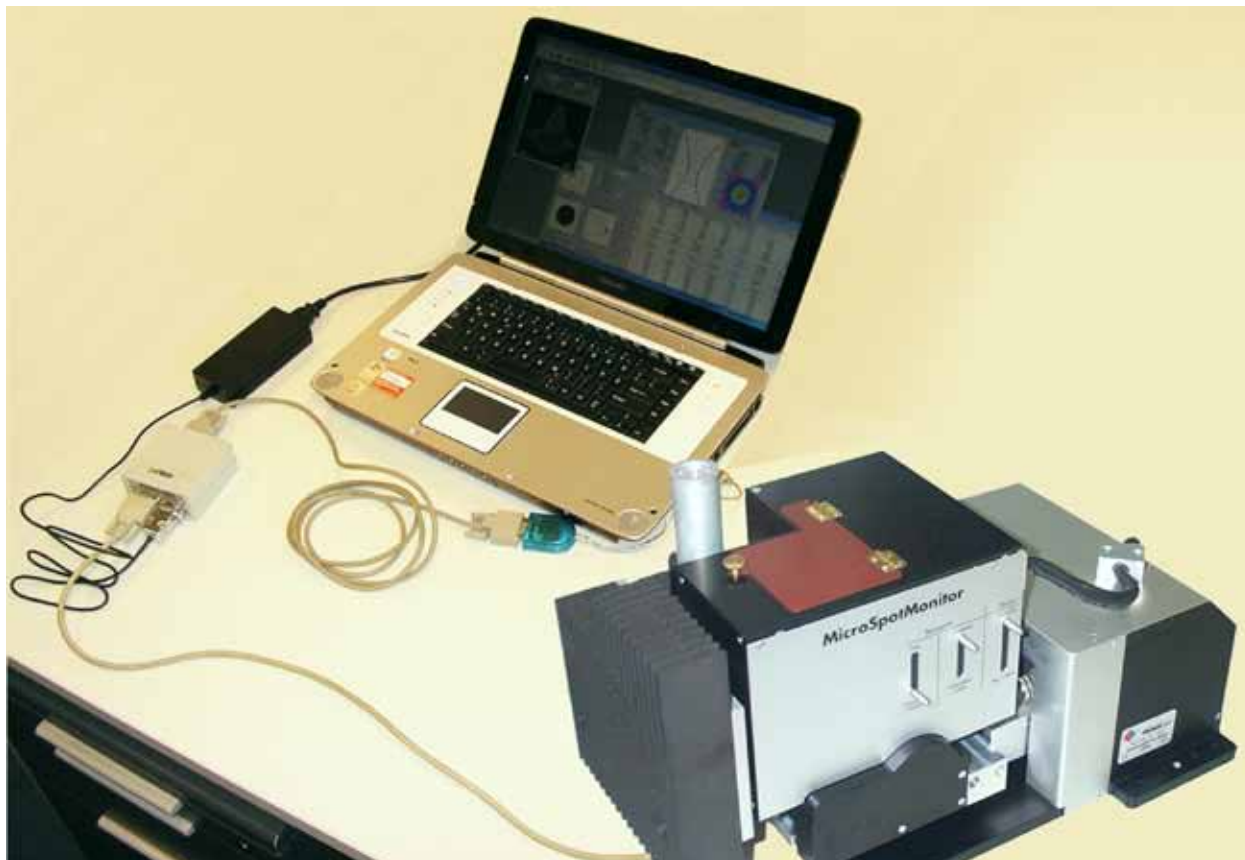


図 3.6 計測システムのセットアップ



## 3.2 ソフトウェアのインストール

PRIMES社のLDSレーザ解析ソフトウェア (LaserDiagnoseSoftware) は、IBM互換PCに対応しています。ソフトウェアのインストールはセットアップアシスタントを使用して自動化されています。

### 3.2.1 システム条件

このソフトウェアには、Windows 98以降がインストールされたIBM互換PC (最小：Pentium II、500MHz、64MB) および利用可能なシリアル、USB、またはイーサネットコネクタが必要です。パフォーマンスを良くするために、少なくとも1GHzのクロック周波数を持つPentium以上のプロセッサを推奨します。768 x 1024ピクセルの解像度の17インチ カラーモニターをお勧めします。PRIMES社の変換器はRS485 / RS232データ通信に必要です。ノートPCでシステムを実行している場合、システムBIOSのすべての省電力オプションを無効にしてください。そうしないと高データレート時にシリアル通信に問題が発生する可能性があります。

### 3.2.2 LDSレーザ解析ソフトウェア (LaserDiagnoseSoftware)のインストール

付属のソフトウェアCDをPCに挿入するとメニュー方式のインストールが開始されます。インストールが完了したら、新しいプログラムグループのPRIMESのアイコンをクリックしてプログラムを起動します。

別の場所が指定されていない限り、インストール用ソフトウェアはメインプログラム「LDS.exe」をPRIMESの階層下のプログラムフォルダにコピーします。設定ファイル「laserds.ini」もこの場所にコピーされます。このファイルにはPRIMES社のLaserDiagnoseSoftwareのセットアップパラメータが含まれています。「laserds.ini」ファイルの例は本マニュアルの付記の項目に記載されています。

### 3.2.3 USB変換ソフトウェアのインストール

シリアルRS232インターフェースを搭載しているコンピュータが少ないため、マイクロスポットモニタにはRS232-USB変換器が含まれています。

#### インストール

1. 必要に応じてコンピュータの電源を切る。
2. USB変換器を空いているポートに接続する。
3. コンピュータを起動する。  
「New Hardware Found/新しいハードウェアが見つかりました」ウィンドウが表示される。
4. 付属のドライバCDを挿入し「Automatic Software Installation/自動ソフトウェアインストール」を選択する。
5. インストールが完了したら、コンピュータを再起動する。
6. 最後に「デバイスマネージャ」の階層に、COMポートが正しくインストールされたかどうか、そしてどの番号が割り当てられているか (ここではCOM 4)を確認する。
7. このCOMポート番号は、後でPRIMESのソフトウェア(LaserDiagnoseSoftware)で選択される。



図 3.8 デバイスマネージャ ウィンドウ



図 3.9 フリーコミュニケーションウィンドウ

COMポート番号は変更される可能性があるため、必ず同じUSBポートを使用してください。

変換器に関する詳細情報は、製造元のホームページ [www.prolific.com.tw](http://www.prolific.com.tw) をご参照ください。

### 3.2.4 イーサネット接続の設定

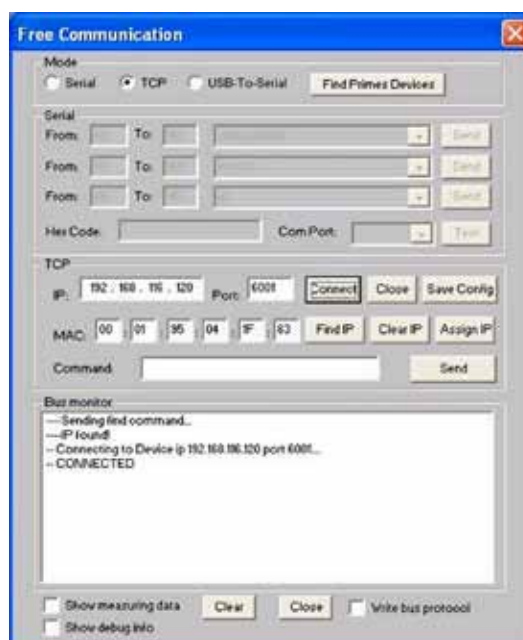
マイクロ スポット モニタ (MicroSpotMonitor) は、イーサネット経由で測定データを転送するためのRJ45 インターフェースをサポートしています。イーサネット通信では、115Kbps (RS232) から150K Bps (1.2 Mbps)まで速度が向上するだけでなく、接続設定も簡単になります。1本のクロスオーバーパッチケーブルを使用してマイクロ スポット モニタをコンピュータに接続できます。イーサネットを使用すると、既存のローカルエリアネットワークを介してデバイスをリモートから制御できます。電力は9ピンPRIMES社のバスを通して供給されます。

#### ・IPアドレスの設定

**Communication**の**Send Frame**フレーム送信 (フリーコミュニケーション) 内では、最初に**TCP**ラジオボタンを選択してTCPモードを有効にする必要があります。マイクロ スポット モニタをコンピュータに接続するには2つの方法があります。

1. ローカルエリアネットワーク経由
2. クロスオーバーパッチケーブルを直接使用

<注意> コンピュータ上で実行されているすべてのファイアウォールプログラムを無効にする必要があります。



#### 3.2.4.1 ローカルエリアネットワークに接続 (LAN)

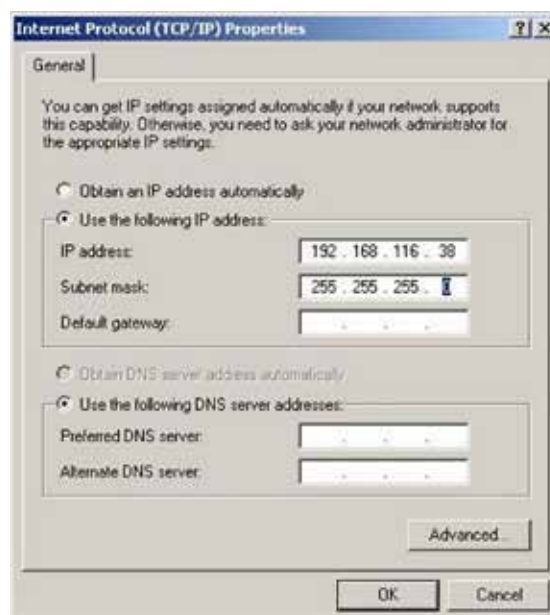
DHCPサーバは自動的に有効なIPアドレスをPrimes社の装置に割り当てます。MACアドレスのみを手動で入力する必要があります。マイクロ スポット モニタのMACアドレスは、装置の側面のステッカーに印刷されています。アドレスを入力した後 [Find IP / IP検索] ボタンを押してください。

#### 3.2.4.2 コンピュータにダイレクト接続

クロスパッチケーブルを使用して、マイクロ スポット モニタと通信するには、コンピュータに固定IPアドレス 192.168.116.18 を割り当てる必要があります。

マイクロ スポット モニタの [Free Communication / フリーコミュニケーション] ウィンドウで、[Assign IP / IPの割り当て] ボタンを使用して同じことを行う必要があります。

PCのネットワークアドレスとデバイスが一致していることを確認してください。それ以外の場合は通信できません。例えば、PCのIPアドレス192.168.100.1およびデバイスのIPアドレス192.168.100.88です。サブネットマスク255.255.255.0は、最初の3つの番号グループをネットワークアドレスとして設定し、最後の番号グループがデバイスを識別します。



### • イーサネット通信のテスト

ポイント3.3.4.1または3.3.4.2が完了したら、[Connect/接続]ボタンを使用してデバイスとPC間の接続を確立できます。

### • IPアドレスの変更

マイクロ スポット モニタ (MicroSpotMonitor) を別のネットワークに接続する必要がある場合は、まずマイクロ スポット モニタおよびオペレーティングコンピュータの古いIPアドレスを削除する必要があります。

### • PCからIPアドレスを削除

1. DOSコンソールウィンドウに[arp -a]と入力して、現在の設定とIPアドレスを表示する。
2. このアドレスを[arp -d IPアドレス]で削除する (例：arp -d 192.168.116.88)。

### • マイクロ スポット モニタからIPアドレスの削除

1. クロスケーブルを使用してマイクロ スポット モニタをPCに接続する。
2. 古いIPアドレスを検索するには、[Find IP]ボタンを押す。
3. IPアドレスを0.0.0.0にリセットするには、[Clear IP]ボタンを押す。

PCのネットワークアドレスとデバイスが一致していることを確認してください。そうでなければ通信はできません。例えば、サブネットマスクが255.255.255.0でデバイスアドレスが192.168.100.88の場合、PCのIPアドレスは192.168.123.2から192.168.100.2に変更する必要があります。

新しいIPアドレスを割り当てるには、3.3.4.1と3.3.4.2で説明されている2つの接続オプションのうちの1つを使用できます。

## 3.3 LDSレーザ解析システム (LaserDiagnoseSystem) の起動

すべての機器はPRIMES社のバスと変換器をPCに適切に接続する必要があります。

すべて正しく接続したら電源を入れることができます。ソフトウェアは既に起動可能な状態です。デバイスの電源を入れる前にソフトウェアが実行されている場合は、インターフェースを開いて**Rescan bus**コマンド (第5章) を実行する必要があります。

マイクロ スポット モニタによる自動測定は、原則としてPRIMES社のSPCインターフェースによっても開始できます。この場合は、ランオフコントロールまたはスクリプトコントロールを使用します。

スクリプト制御の操作については、他の同封の資料に記載されています。本マニュアルの以下の章では、PRIMES LaserDiagnoseSystemの手動操作と、最良の計測結果を取得する方法について説明します。

### 3.4 電源投入および設定

MicroSpotMonitorの電源を入れたり切ったり (電源投入) したときは、必ず「リセット」サイクルを実行する必要があります。

装置の電源を入れた後、またはソフトウェアを起動した後、システムはシステム設定をチェックするのに約30秒かかります。この間は測定できません。

例えば追加デバイスの接続など、PRIMES社のバス上のデバイスの物理的設定が変更された場合、[Rescan bus /バスの再スキャン] サイクルを実行する必要があります。

ソフトウェアを使用して、正しいバス接続とデバイス間の通信を確認できます (第7章「通信」を参照)。



**電源が入っているときは、ケーブルを抜き差ししないでください。**

**シリアルRS232を使用して測定システムに接続する場合は、PCのRS232ポートのみをPRIMES社の変換器に接続してください。**

### 3.5 機械的セットアップ

散乱光は、測定対物レンズの境界の周りのレーザービームの反射によって生じる可能性があります。パワー密度は数mW/cm<sup>2</sup>の最大出力密度をかなり超えることがあります。パワーリミットは波長に依存します。適切なレーザ保護メガネをかけたり、システム全体を保護することを強く推奨します。



すべての測定に必要なのは、  
怪我の危険を防ぎ、測定システムの安全で信頼できる操作を  
保証するためのシステム信頼性の基本的な要件です。

マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) 上に、集光ビームを配置します。

レンズの特性 (9.4.1項を参照) により、レーザービームの焦点をレンズ全体の特定の範囲に合わせる必要があります。焦点がレンズの上にある ( $a_{\text{focus}}$ ) ほど、レンズの後ろで焦点が近く再現されます ( $a'_{\text{focus}}$ )。

#### 上限

焦点がレンズを超えて遠すぎる場合でも、イメージ側に焦点を合わせることは可能です。しかしながら、この場合、高いビーム密度でレンズを損傷する可能性があります。

#### 測定面

測定面からのビーム分布はカメラチップ上に再現されます。

#### 下限

焦点がレンズに近すぎる位置にあると、焦点合わせ方法と操作性能によっては、入射レンズに損傷を与える可能性があります。最初の測定のために焦点を位置決めすることができる範囲は、レンズの選択、使用される波長、および集光方法に依存します。

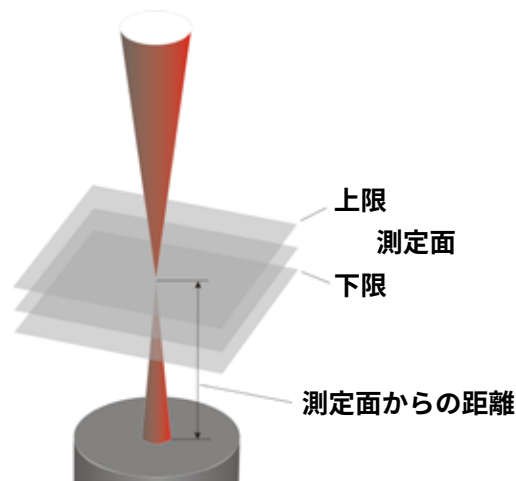


図3.12 マイクロスポットモニタの測定範囲

すべての測定レンズには、マイクロスポットモニタをレーザ直下で、より正確に位置合わせするための取り付け補助器具が付属しています。

調整ツール補助器具は、測定対物レンズの上に置かれます。上端はレンズの測定面のz位置です。レーザが設置画面の小さなドリル穴と垂直に揃っている場合は、センサの中心に再現されます。

この設置補助具とパイロットレーザを使用して、マイクロスポットモニタ(MicroSpotMonitor)をカメラまたは印画紙で正確に配置できます。ここではクリアランスが大きいので、集光を、取り付け補助具の上ではなく下方に、また接線方向にセッティングすることが重要です。



図3.13 マイクロスポットモニタ対物レンズ  
取り付け補助器具付き



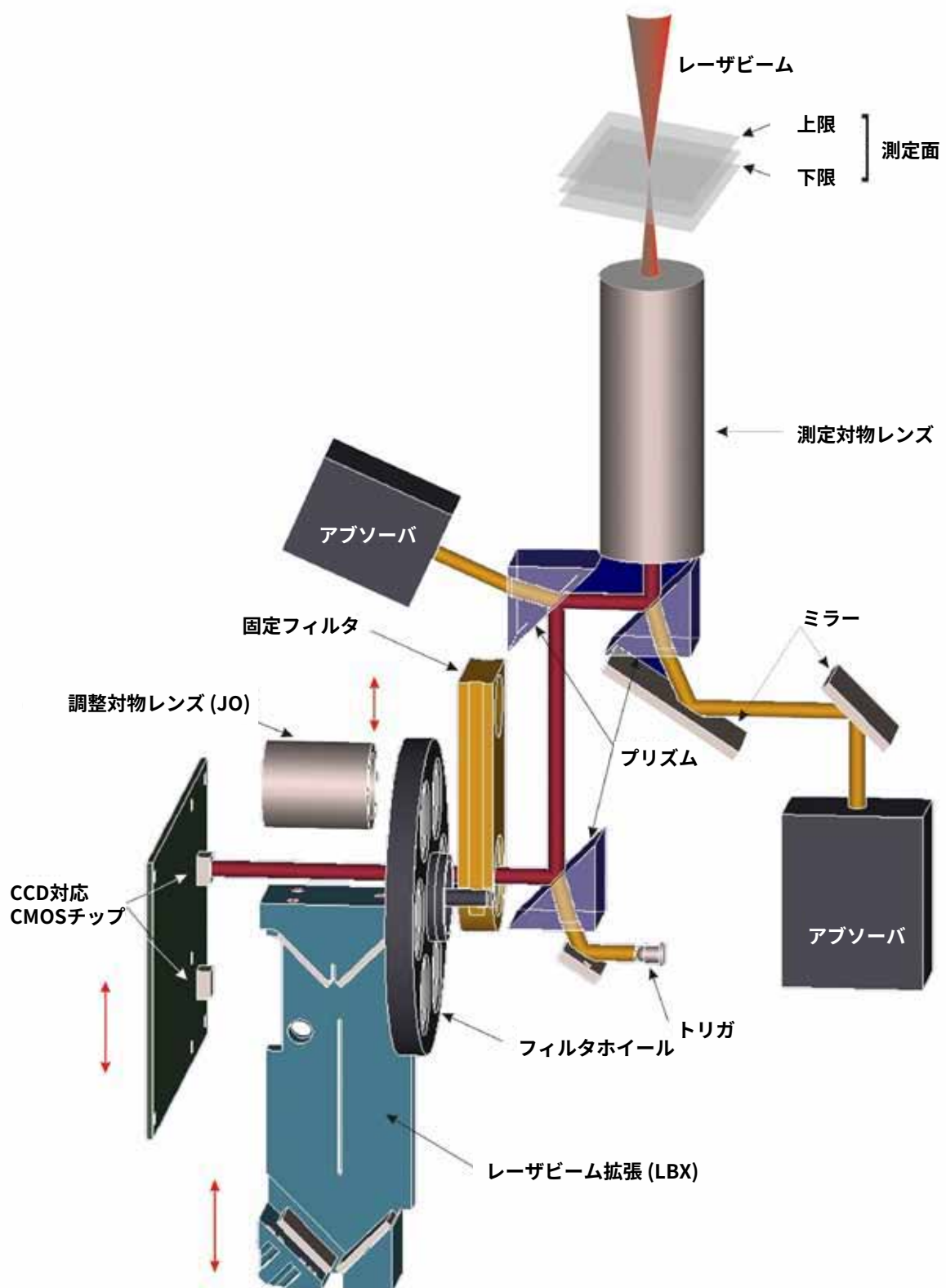
図3.14 インストールエイド(取り付け補助器具)

- ◆ マイクロスポットモニタの処理範囲に障害物(エネルギーノズル、ピンチローラなど)がないようにしてください。レーザビームは測定面に垂直に接触する必要があります。ソフトウェアは装置の処理範囲を制限することを可能にしています。電源を入れるたびに、装置は約20秒後に基準位置に移動します。これが最も低いz位置です。
- ◆ MicroSpotMonitorは正しく安定して配置されている必要があります。つまり、ビームは測定アパーチャの中心になければなりません。そうしないとケーシング(覆い部分)で危険な反射があり、装置が損傷を受け、または誤った結果が生じる可能性があります。





## マイクロスポットモニタの光学セットアップ



## 4. 最初の測定

LDSレーザ解析ソフトウェア (LaserDiagnoseSoftware) は、すべてのコンポーネントを正しくセットアップして接続した後起動できます (第3章 参照)。以下にマイクロ スポット モニタ (MicroSpotMonitor) で安全に測定するのに必要な基本的なステップを示します。

### 4.1 損傷しきい値

マイクロ スポット モニタの動作限界は、光学部品の損傷しきい値によって決まります。9.4.1項に記述されているように、2つの異なるケースがあります。

- 焦点が測定面の下（測定対物レンズに近すぎる）に置かれている場合、パワー密度は測定対物レンズの第1レンズで上昇します。

**第1レンズの出力密度 (I) がCWで $10^6$  W/cm<sup>2</sup>未満、またはパルスで $10^7$  W/cm<sup>2</sup>未満であることを確認してください。平均パワーは250Wを超えてはいけません。**

- 焦点が測定平面上にある場合、中間焦点が装置の内側に発生します。レーザビームの焦点が測定面から離れすぎていると、ビームパワーが十分に減少していない領域で中間焦点が発生する可能性があります。これは、イメージ側の光路に損傷を与える可能性があります。

最初の測定の前に焦点が位置する範囲のビームサイズとビーム位置は、対物レンズの選択、レーザ波長、集光方法によって異なります。

開口数、使用可能なレンズの最大焦点距離 (レンズの上限)、および作業平面の距離 (CCDチップ上で再生される平面) を図4.1に示します。

対物レンズ	開口数(N.A.)限界	上限*	対物レンズと測定面間の距離		
			標準	LBX付き	w / Cal 調整対物レンズ
PRIMES 3,3x-h					
1064 nm	0,1	ca. 86,7 mm	72,7 mm	63,8 mm	61,6 mm
532 nm	0,09	ca.82,4 mm	69,7 mm	61,4 mm	59,4 mm
PRIMES 10x-h					
1064 nm	0,21	ca. 30,2 mm	29,0 mm	28,0 mm	27,7 mm
532 nm	0,18	ca. 29,1 mm	27,9 mm	27 mm	26,8 mm
PRIMES 15x-h					
1064 nm	0,2	ca. 33,1 mm	31,5 mm	30,3 mm	29,9 mm
532 nm	0,2	ca. 31,4 mm	30 mm	28,8 mm	28,5 mm

図4.1 対物レンズデータ (すべての値はレンズの上端を参照)

\*これらは現行の装置の性能を表します。性能を拡張するために、さまざまな内部光学系の開発が進められています。

上限値には安全のためにマージンが取られています。装置の用途によっては、上限値を超える可能性があります。ご使用前にPRIMES社または代理店までご確認ください。

表1から明らかなように、高倍率レンズの上限は3.3倍の上限よりはるかに低いです。

収束ビームの下限は、第1レンズ上のレーザビームのパワー密度に依存します。  
これはレーザパワー、集光、M<sub>2</sub>、生ビーム径の関数です。

第1のレンズのパワー密度 (I) が、CWで10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup>未満、またはパルスで10<sup>7</sup> W/cm<sup>2</sup>未満であることを確認してください。

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi \cdot r_{Spot}^2} \Rightarrow r_{Spot} \geq \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot 10^{6 \text{ bis } 7} \frac{W}{cm^2}}}$$

下限値の推定には図4.2と4.3のグラフを使用できます。

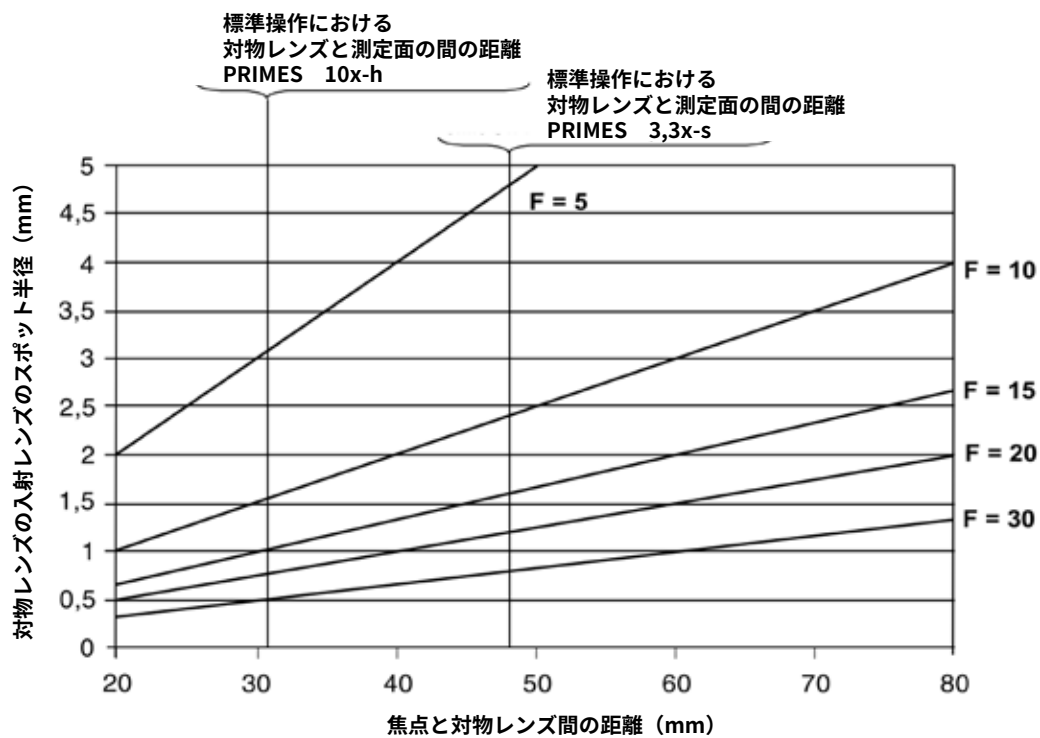


図4.2 1064nmおよび532nmのF値の推定

図4.2は、集束値 (F) とレンズからの焦点までの距離によるスポットサイズの第1レンズへの依存性を示しています。

集光値は以下の式を用いて計算されます。

$$F = \frac{f}{d_s} = \frac{1}{2 \cdot \tan\left(\frac{\Theta}{2}\right)}$$

f = 集光レンズの焦点距離  
d<sub>s</sub> = 生ビーム径  
Θ = 全発散角

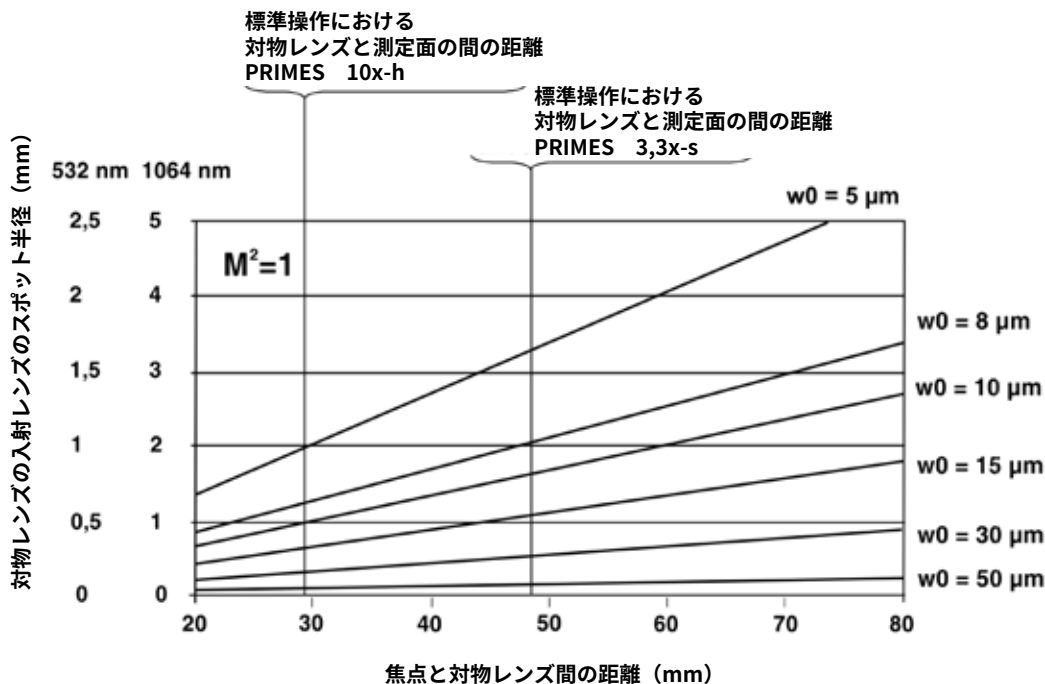


図4.3 1064nmおよび532nmのフォーカス半径の推定

図4.3は、波長、焦点半径、レンズからの焦点距離に対する第1レンズのスポットサイズの依存性を示しています。

スポット半径は、BPP(ビームパラメータ積：Beam Parameter Products) を使用して推定されます。

$$\frac{w_0 \cdot \Theta}{2} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot M^2$$

図4.3では、 $M^2$ を1としています。依存関係は次のように要約されています。

依存関係は次のように要約されています。

- 小さな焦点半径は、強い拡散ビームで生じます (つまり、小さな焦点距離で集光します)。カメラチップで十分な分解能を得るためには、10倍または15倍の拡大レンズを使用する必要があるかもしれません。拡大レンズは、より大きい開口数を有します。
- 小さい拡散半径および $M^2 = 1$ または2のレーザービームの場合にも、小さい集光半径が生じます。この場合、短い焦点距離の対物レンズを使用すると、入射レンズが損傷する可能性があります。
- 大きな $M^2$ 値で動作しているときは、ハイパワー値がよく発生します。ただし、集光半径が大きいいため、それほど重要ではありません。入射レンズのスポット直径は1 mmより大きくなければなりません。

## 4.2 マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) による計測

前章に記載されているように、10倍および15倍の倍率の対物レンズを使用すると、中間焦点に小さな誤差が生じます。内部の光学部品がこの焦点に接触すると、破損する可能性があります。このため、最初の測定では以下の手順に従ってください。

### 1. レーザビームのエネルギーを可能な限り低減

エネルギーを減少させることで、内部の光学構造が損傷するのを防ぎます。システムを低パワーモードで調整してください。ビーム位置が最初のコースティック測定によって正確に決定され、装置が最適に構成された後、エネルギーを段階的に増加させることができます。

### 2. 倍率の低い測定対物レンズの選択

より低い倍率を有するレンズは、測定面距離がより大きいので、安全のためのマージンがかなり大きくなっています。したがって、対物レンズの第1レンズは保護されます。さらに、公差は上限に対して大きくなります。

### 3. フィルタの取り付け

最初の測定の前に固定フィルタを取り付けてください。

### 4. マイクロスポットモニタの接続および設定

マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) をコンピュータに接続してから、付属の電源を接続します。マイクロスポットモニタは自動的に調整します。

LaserDiagnoseSoftwareを起動した後、メニュー項目 [Measurement - MicroSpotMonitor Settings/測定 - MicroSpotMonitor設定] で正しい波長、倍率、動作モード (連続波/トリガ) を確認してください。

メニュー項目 [Filter Wheel/フィルタホイール] で最も強いフィルタリング (例: OD 5) を選択します。

メニュー項目 [Measurement - Single Measurement /測定 - シングル測定] で最大の測定ウィンドウを選択し、中間レンジz軸位置で中央に配置します。

メニュー項目 [Measurement-Environment /測定環境] で、測定対物レンズの焦点距離を入力できます。最初のコースティック測定中にビームテーパーが決定されるとすぐに、ソフトウェアは拡がり角を決定します。コースティクス表示では、ビーム半径は対物レンズの第1レンズに生ビーム半径として表示されます。このようにして、レンズが熱的に過負荷になることを素早く確認することができます。スポット半径は常に1 mmより大きくなければなりません。

最後に、装置の円滑な機能を確認するためにはレーザビームを使わずに測定を行うことを推奨いたします。

### 6. 装置のインストール

マイクロスポットモニタは、パイロットレーザとカメラまたはフォトペーパーを使用して配置できます。ビームが装置に垂直に入ることと、焦点がインストール補助器具の前方ではなく、焦点が (クリアランスが大きい場合) 少し後方にあることを確認することが重要です。

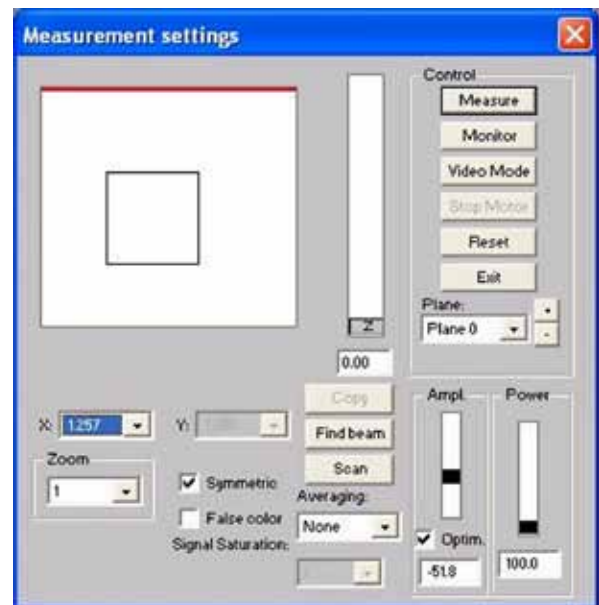


図4.4 測定設定

## 7. 最初の測定を開始

セットアップ後、最初の測定でビームが見つからなかった場合は、SCANコマンドを使用して、選択したz位置で2 mm x 2 mmの平面を自動的に測定できます。それでもビームが見つからない場合は、レーザビーム直下のマイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) の位置を再確認してください。ポジショニングが正しい場合は、[Filter Wheel/フィルタホイール] を使用してフィルタリングをわずかに減少できます。

ビームが見つかり、MicroSpotMonitorはz軸を使って上げられます。ビームが小さくなったら、最初のコースティック測定を始めます。それが大きくなった場合は、反対方向からコースティック測定を開始してください。ビームが測定ウィンドウによって制限されていると、誤った測定結果が得られます。より大きな測定ウィンドウを得るためには、より低い倍率で別の対物レンズを接続した方が良くもかもしれません。

## 8. 段階的にパワーを増加

最初の測定で、焦点のおおよその位置と寸法を決定することができます。適切なレンズとフィルタを選択可能です。

さらにコースティック測定を行った後、レーザビームのパワーおよびエネルギー、パワーまたはエネルギーのいずれかを段階的に増加させることができます。

測定結果の表示は、メニュー項目 [Presentation - Variable Cuts/表示 - 可変カット] で行います。空間パワー密度分布の等高線は、x方向およびy方向に示されています。光源、集光光学系などに関する仕様は、メニュー項目 [Measurement - Environment - Comments / 測定 - 環境 - コメント] を使用して記録できます。

測定データを保存するには、メニュー項目 [File - Save / ファイル - 保存] を選択します。プログラムを終了するには、メニュー項目 [File - Quit / ファイル - 終了] を選択します。

より詳細な説明は第5章を参照ください。

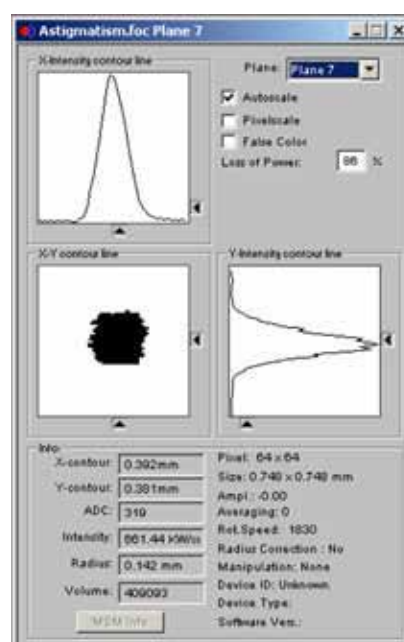


図4.5 (例) 可変カット

## 4.3 パルスレーザビームの測定

### 測定前に確認すべき基本情報

マイクロスポットモニタ (MSM : MicroSpotMonitor)は、2つのオプションのセンサ、CCDとCMOSセンサを各ひとつ装備することができます。CCDセンサとは対照的に、CMOSセンサは統合可能な性能は提供していません。1回の測定は常にスナップショットのようなものです。欠けている統合可能な振る舞いの他に、強度変動に引っ掛かり、パルスレーザの測定を悪化させる時定数があります。パルスレーザ計測の場合、マイクロスポットモニタはこのアカウントにCCDセンサを装備します。

マイクロスポットモニタのCCDセンサのダイナミックレンジは55dBです。この範囲を拡張するために、統合可能な時間が実装されました。積分時間は12 $\mu$ sから186msの間で自由にプログラム可能です。[Single Measurement/シングル測定] または [Caustic measurement / コースティック測定] ダイアログウィンドウ内で、[Optim.(Optimize / 最適化)] が有効になっていると、LDSソフトウェアは、隠れた内部検査を使用して、アレイでの1ピクセルの出力信号の飽和に関連する積分時間を自動的に決定します。最適な時間係数は、わずかに小さくなります。

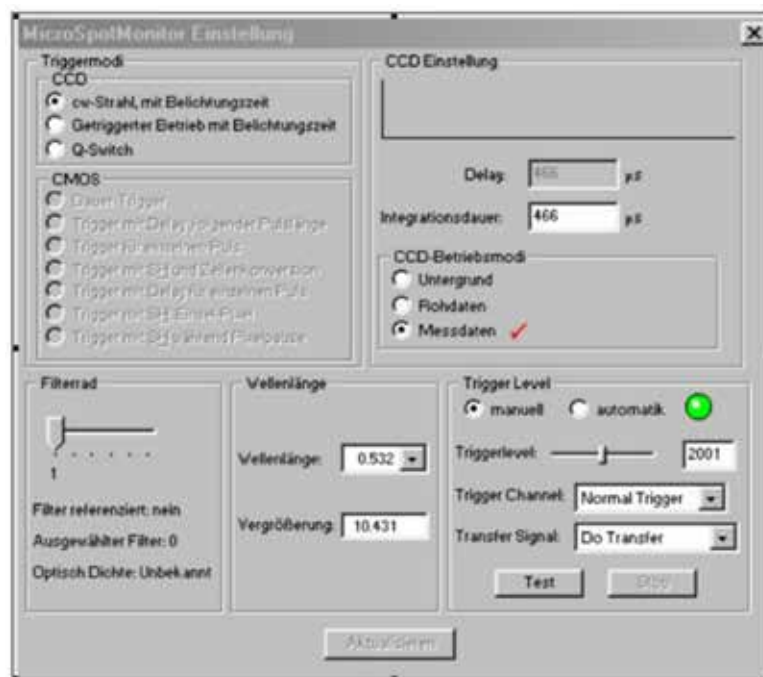


図4.9 MicroSpotMonitor設定用ダイアログウィンドウ

CCDチップセットのダイナミックレンジは、PRIMES時間制御システムによって55dBから139dBまで拡大することができました。

[Optim./最適化] 機能を無効になっている場合、積分時間はダイアログウィンドウのMicroSpotMonitor設定で手動で設定することができます (図4.11)。しかし、この時間制御システムでは、さまざまなパルスレーザ光源の全範囲を測定するのに十分ではありません。例えば、超低繰り返し周波数(<5Hz)を有するパルスレーザの場合、186msの積分時間は十分ではありません。

したがって、時間制御システムの横にさまざまなトリガオプションおよびディレイタイム機能が実装されています。

トリガ機能は、内部トリガルーチンと外部トリガルーチンとで異なります。3番目の光学プリズム後方のフォトダイオードは、内部トリガとして機能します (図9.1を参照)。

しきい値はユーザーが自由に設定できます (0...4096)。

閾値は2001に予め設定されており、この値はほとんどのアプリケーションに適用できます。

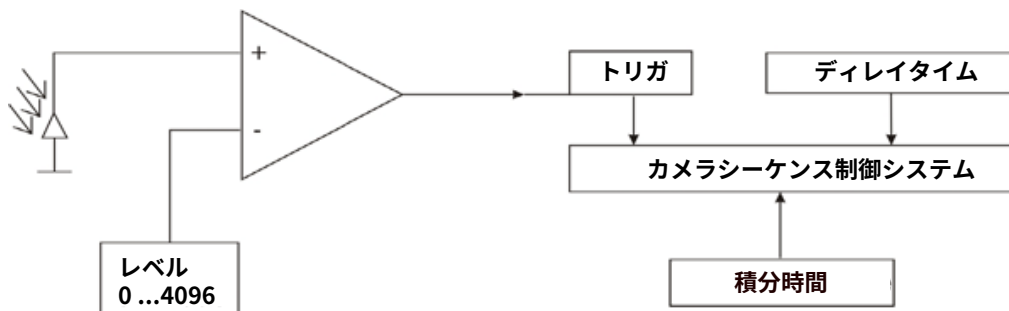


図4.10 CCD時間制御のためのドラフト修正パラメータ

図4.10は、トリガ、調整可能なディレイタイムおよび積分時間、CCDチップシーケンス制御システムへの影響の関係を示しています。ユーザは、マイクロスポットモニタ (MSM : MicroSpotMonitor) が測定すべき時にディスクリートタイムスロットを定義することができます。外部トリガは別のBNCポートを介して適用されます。外部トリガは内部トリガと同様にシーケンス制御システムに影響を及ぼし、これにより同一の処理がもたらされます。

ディレイタイムの設定とトリガの種類（外部または通常の内部トリガ）は、PCダイアログウィンドウの **MicroSpotMonitor Settings** (図4.9) で調整されます。ディレイまたは積分時間をリセットまたは変更した場合は、[Actualize] ボタンで確認する必要があります。

要約すると、以下の時定数があります。

タイムアウト:	20 sec (標準)
最小積分時間:	12 $\mu$ s
最大積分時間:	186 ms
最小ディレイタイム:	12 $\mu$ s
最大ディレイタイム:	186 ms

延長されたタイムアウト (20秒) は手動でトリガされる必要があるパルスレーザの解析を可能にします。この場合、測定サイクルが最初に開始されます。マイクロスポットモニタは必要な位置まで対応し、自動的に内部ルーチンに従います。マイクロスポットモニタがトリガの準備ができていた場合はいつでも、PCダイアログウィンドウ [Free Communication / フリーコミュニケーション] が表示されます。

測定サイクル開始直後に通信フローが表示されます。

このフローが停止する可能性がある場合 (waiting for trigger/トリガ待機の示唆)、マイクロスポットモニタはトリガ信号を待機しています。(ソフトウェアのアップデートでは、PCダイアログウィンドウにもこれを追加のインジケータで表示するように2012年に既に計画されていました。) マイクロスポットモニタのマニュアル付記 (9.6.1.1項) では、ダーク測定とフォトランスファ測定を使用した測定ルーチンについて説明しています。トリガ操作とトリガ操作なしの両方の操作がこの原理に準じています。したがって、どの測定にも2つのトリガ信号と2つのレーザパルスが必要です。

### 代替設定

さまざまな測定オプションを定義する必要があります。

- ◆ シングル平面または完全なコースティクスの測定
- ◆ 完全なパルスまたは単なるパルスセグメントの測定
- ◆ 固定積分時間または自動時間制御による測定
- ◆ トリガ操作またはトリガ操作なしの測定
- ◆ 減衰量の変更による最適積分時間の変動

これらの測定オプションと可能なパルスパラメータとの相関

- ◆ パルス幅: fs ~ ms
- ◆ パルス繰返周波数: 1 Hz ~ 1 kHz

これらの測定オプションと可能なパルスパラメータとの相関関係は、ここでは議論されるべきではない多数の可能性をもたらす。代わりに、次の構造は測定パラメータ設定の選択に役立ちます。



## 積分時間制御に対するパルスパラメータの影響

ソフトウェア駆動の露光時間制御は常に連続ビームを待ち受けています。したがって、パルスレーザ (<500Hz) 以上のパルスエネルギー (最短積分時間) で積分時間を定量化できます。図4.11のマトリックスと図4.12のグラフを参照してください。

パルス繰返周波数 単位：Hz	パルス数	
	186 ms	1 ms
1	0	0 - 1
5	1	0 - 1
10	2	0 - 1
50	9	0 - 1
100	19	0 - 1
200	37	0 - 1
500	93	0 - 1
1000	186	1 - 2
2000	372	2 - 3
5000	930	5,00
10000	1860	10,00

図4.11 検出数露光時間に関連するパルスおよびパルス繰返し周波数

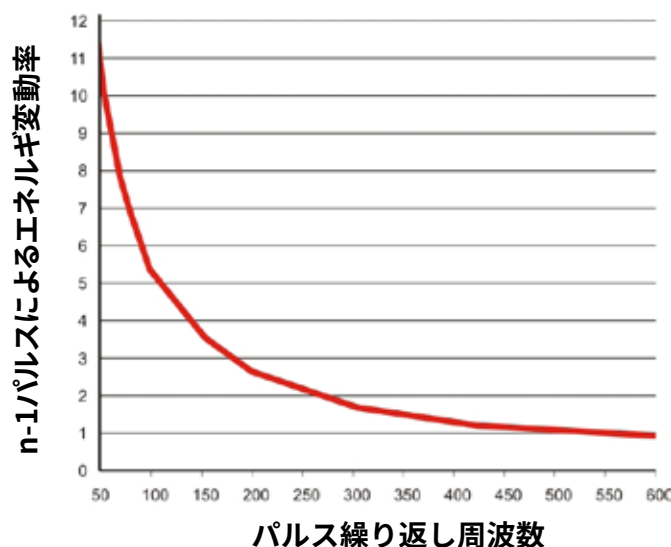


図4.12 パルス周波数に関連した正確な1パルスの減少による検出エネルギーの変化率

表 (図4.11) は、異なるパルス繰返し周波数での最大積分時間 (186 ms) と1msの積分時間内の検出可能なパルス数を示しています。より低い繰返し周波数の定量化は、積分時間の186ms列に示されます。10kHzのパルス周波数は1860個のパルスを検出し、10Hzのパルス周波数は2個のパルスのみを検出します。

10Hzのパルス繰返し周波数での測定が過剰に取り扱われ、露光時間がソフトウェアルーチンによって補正される場合、3つの異なる結果が予想されます。エネルギー蓄積量は一定であるか、50%減少するか、ゼロになります。これらの目盛りは、10kHz以下のパルス繰返し周波数ではそれほど重要ではありません。図4.12のグラフは、原則として相関関係を示しています。500Hzを超えるパルス繰返し周波数では、積分時間を短縮するために最小オフセットが1%になります。

前述のように、低いパルス周波数だけではなく定量化にもつながります。極端に高いパルスエネルギーは減衰させることができず、積分時間を短縮する可能性があります。図4.11の表には、最大露光時間の横に1msの列もあり、500Hzのパルス周波数では、積分時間制御はエネルギー蓄積量を連続的に制御することができません。

全体として、より低いパルス周波数からより高いパルス周波数まで、またはより短い露光からより長い露光までの4つの異なる進行状態を考慮する必要があります。このことは、次のサンプル、パルスレーザ照射の測定、非トリガーモードによって明確になります。

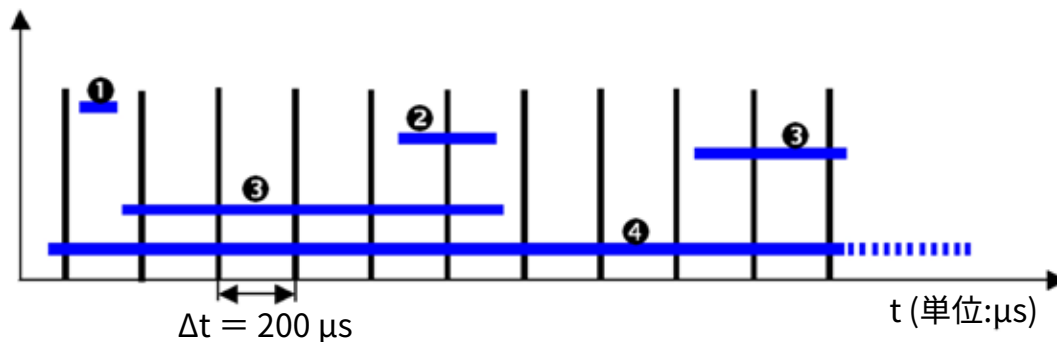


図4.13 積分時間が異なるドラフト測定

- |   |                   |                  |
|---|-------------------|------------------|
| ① | 12 - 200 $\mu$ s  | パルスの断続測定         |
| ② | 200 - 400 $\mu$ s | 1パルス             |
| ③ | 200 - 2 ms        | パルス数の違いによる定量化ノイズ |
| ④ | 2 - 200 ms        | 準連続積分時間の制御       |

図4.13は、パルス光負荷下のセンサを示しています。これは200 $\mu$ sのパルス休止につながります。

センサの必要な積分時間はビーム強度にそのまま依存しています。この時間がパルス休止よりも短い場合は、測定サイクルは1パルスのみを記録します。積算時間を調整するためにキャリブレーション測定サイクル中に1つのパルスを収集し、実際の測定中に別のパルスを収集する可能性はわずかです。

最適積分時間が、基本パルス休止時間とダブルパルス休止時間との間で正確である場合、1回の測定は1回の単一パルスを含みます。これは1つの平面を測定するための理想的な条件です。シングルパルスに対するCCDセンサのダイナミックレンジは55dBなので、そのような設定は完全なビームコースティックの解析を可能にします。その関連するコースティック領域では、強度は係数5で異なります。焦点領域のはるか外側の平面でも適切なS/N比が必要になるため、ビームウェストにおける信号サチレーションは測定中に慎重に注視する必要があります。

図4.13のドラフトは、基本要素とパルス休止時間の10倍の間の積分時間を示しています。いかなるパルスもこの範囲内の可視ステップ信号をもたらします。積分時間制御は定量的にのみ有効になります。

積分時間が長くなるとステップ信号がフラットになります。積分時間制御は準連続的に動作しています。このような困難のため、マイクロスポットモニタ(MSM: MicroSpotMonitor)には、ソフトウェアで駆動される光路に移動させることができる多数のニュートラル減衰フィルタが装備されていました。これにより、上記の時間範囲内で動作することができます。

さらにマイクロスポットモニタにはその他のトリガオプションがあります。積分時間制御と遅延時間制御と共に、1の範囲内の測定が可能になります。

## まとめ

200Hzを超えるパルス周波数または長いパルス幅 (> 1 ms) のレーザビーム照射は、オプションOptimを使用して測定することをお勧めします。このモードでは、コースティック測定中の積分時間の変動と最適化が可能です。これは、長いパルス幅に対する減衰が、焦点面のはるか外側でさえもパルス幅より短い積分時間を可能にする必要があることを理解するためのものです。

より高いパルス周波数は代わりに減衰を必要とし、これは1測定サイクル内で最小数のパルス積分を可能にします。1積分時間内のパルス数を減らすと、パルスあたりの光電子の変動が大きくなる可能性があります。LDSソフトウェアの制御ルーチンに基づいて、これは統計的なオーバードライブ測定につながる可能性があります。

いかなる場合でも、パルス幅より短い積分時間は避けなければなりません。これは、トリガなしのモードでのMSMの使用を許可しません。

焦点面のチップ上で1つのパルスが露光される値に減衰を正確に設定すると便利な場合があります。固定ディレイおよび決定された積分時間によってコースティック測定が有効になります。コースティック測定ではありますが、CCDチップのダイナミック (55 dB) は許容可能なSN比には十分です。

## トリガされた測定の例

### 例 1 )           パルス デュレーション 50ns                   パルス繰り返し周波数 1kHz

MSMモード	
ディレイ	0.95 ms
積分時間	0.1 ms
トリガチャンネル	外部トリガ

トリガの精度に応じて、積分時間は変わります。

#### 測定サイクル

測定サイクルを開始します。トリガ信号は20秒以内に解放されるべきです。MSMはディレイ値0.95msと固定積分時間100 $\mu$ sによってトリガされた後、2番目のレーザパルスを検出します。

### 例 2 )           パルス デュレーション 1ms

MSMモード	
ディレイ	12 $\mu$ s
積分時間	1.0 ms
トリガチャンネル	通常のトリガ

#### 測定サイクル

測定サイクルを開始します。トリガ信号は20秒以内に解放されるべきです。MSMはトリガ後12 $\mu$ sで測定しています。したがって、レーザパルスの最初の12 $\mu$ sは測定されません。

## 特定のケース

### 超短パルスレーザの解析

通常のトリガチャンネルの他に、マイクロスポットモニタ(MSM)はQスイッチトリガモードを提供します。積分時間は12  $\mu$ s (最小値) に設定されており、固定されています。ディレイタイムはゼロに設定されています。この動作モードはトリガされたレーザパルスの解析を可能にします。このモードでも、2つのトリガパルスが必要です。1つはダーク測定用、もう1つは解析用です。

## 手順

ライトインテンシブピクセルとレジストリが削除されます。積分は最小積分時間12 $\mu$ sで開始されます。12 $\mu$ sピクセルとレジストリの有効期限が切れると、もう一度削除されます。期限切れが再開されます。休止は、積分時間中に何らかのトリガが発生した場合にのみ可能です。光電子はレジストリに転送され、読み出されます。トリガが来る前に積分を開始したので、完全なパルスが決定され、それによりトリガが解放されます。トリガ信号が積分時間外に発生した場合、制御サイクルは中断されることはありません。この原理はレーザパルスが積分サイクル中に発生した場合にのみ光電子が読み出されることを保証します。

## シングルパルス測定

PCダイアログウィンドウには、[ マイクロスポットモニタ設定 / MicroSpotMonitor Settings ]とプルダウンメニューに [ CCD操作モード / Operation Mode ] があります。アンダーグラウンド、生データ、測定データの提供された選択があります。

生データモードを使用すると、CCDの読み出しは通常どおりに行われます。しかし、ダーク測定の2サイクル目は処理されません。アプリケーションと使用される統合時間によっては、アンダーグラウンドエラーが発生する可能性があります。

このモードは、正確に1つの単一パルスが照射される可能性がある場合のビーム解析にお勧めします。第2の測定サイクルがないので、例えばダーク測定では、たった1パルスで十分です。減衰により、パルス持続時間よりも短い積分時間をもたらすことを確実にする必要があります。これにより、ほとんどのアンダーグラウンド効果が回避されます。しかし、積分時間が長くなると、ダークエレクトロンが発生するリスクの可能性ががあります。

1パルスの完全な文書化には外部トリガが必要です。トリガから測定サイクルの開始までの最小ディレイは12  $\mu$ sでなければなりません。



## 5. LDS:LaserDiagnoseSoftwareを使ったレーザ解析

レーザ解析ソフトウェアLDS (LaserDiagnoseSoftware) は、Windows®ベースのプログラムです。同時に複数のウィンドウを開くことが可能です。一部のウィンドウ（測定および通信用）は常に前面に表示されたままです。新しいウィンドウを開くと、すべてのプレゼンテーションウィンドウが網羅されます。

### GUI(グラフィカルユーザインタフェース)の構造 - LaserDiagnoseSoftware

GUIは、4つの主要領域で構成されています。

#### • レーザ計測

シングル測定とシリアル測定のすべての設定がここに入力されます。

測定ウィンドウのサイズと位置をx、y、zで調整することもできます。また、空間分解能、フィルタ、平均化する測定数などを選択します。設定は自動的に調整できます。

#### • 表示

シングル測定では、疑似カラー表示、3D等角表示、固定/可変等高線のいずれかを選択できます。数値測定結果のコースティックプレゼンテーションと概要も利用可能です。

#### • データ管理

測定データの設定を保存、ロード、印刷、または設定を行うことができます。

#### • 編集

他のアプリケーションから画像をコピーしたり、個別またはすべての測定面を削除したりできます。

#### • 通信

PRIMESバス上の通信を管理し、測定システムの状態を制御するために使用されます。複数の測定値を並列処理する場合、プログラムは20回の測定値の画像を保存できます。これらの画像(測定面)は可変パラメータ測定にも使用できます。コースティック測定は、さまざまな平面のz位置を変えることによって行われます。レーザパワーを変えることで、システムの熱侵入特性をシミュレーションできます。時系列は、この熱侵入特性をシミュレーションするためにも使用できます。対応する表示は、メニュー項目 [ グラフィックの概要 / Graphical Overview ] にあります。

## メニュー構造

レーザ解析ソフトウェア (LDS)は、同じ測定についての様々な表示 (3 D表示や可変等高線) を見るために同時に複数のウィンドウを開くことが可能です。ユーザは通常マウスで作業しますが、キーボードを使用して数値情報を入力します。プログラムが起動すると、次のメニューバーが表示されます (図5.1)。プログラムが起動すると、次のメニューバーが表示されます (図5.1)。

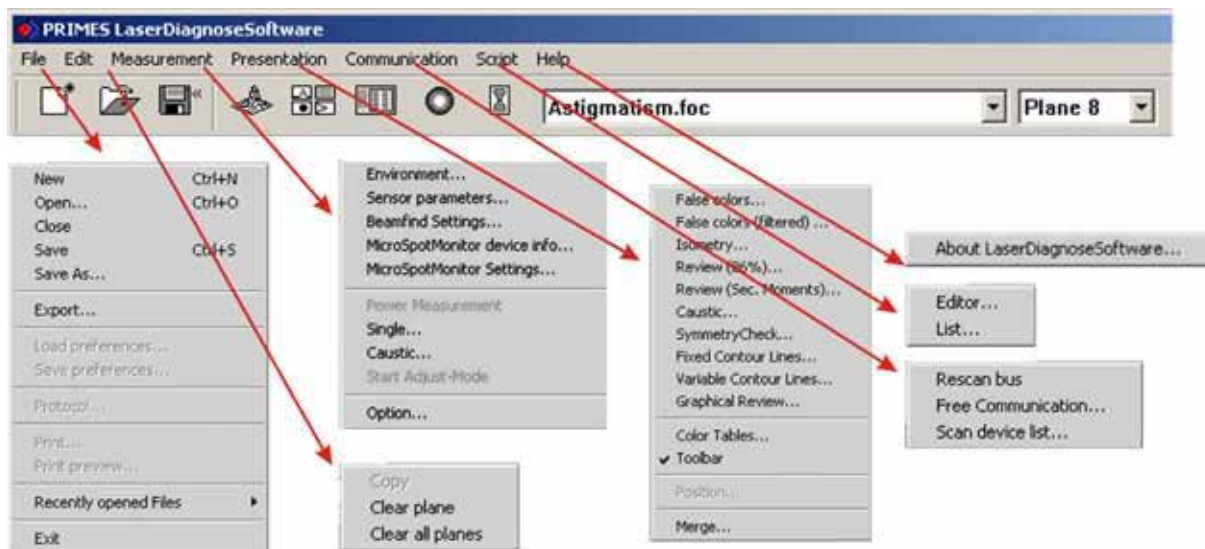


図5.1 レーザ解析ソフトウェア (LDS:LaserDiagnoseSoftware)のメニューバーおよびサブメニュー

個々のメニューオプションとページ番号は以下の通りです。

File / ファイル	ページ	Edit / 編集	ページ	Presentation / 表示	ページ	Communication / 通信	ページ
New	51	Copy	52	Pseudo Colors	45	Scan...	53
Open	51	Delete Plane	52	Pseudo Colors (filtered)...	46	Free Communication...	53
Close	51	Delete All Planes	52	Isometry...	46	List Found Devices...	53
Save	51			Review (86%)...	47		
Save As...	51			Review (2. Moment)...	47		
		<b>Measuring / 測定</b>	ページ	Caustic...	40	<b>Script / スクリプト</b>	
Export	51	Environment	35	Symmetry Check..	48	Editor...	53
Load Settings	51	Sensor Parameters	34	Fixed Contour...	49	List...	53
Save Settings...	51	Beam Search Settings	35	Variable Contour...	49		
Protocol...	52	MicroSpotMonitor Device Info	36	Graphical Overview...	50	<b>Help / ヘルプ</b>	
Print...	52	MicroSpotMonitor Settings	36			About	
Print Preview...	52	Single Measurement	39	Color Tables..	50	LaserDiagnoseSoftware	12
Last Opened File	52	Caustic	40	Toolbar...	57		
Exit	52	Options		Position...	50		
				Join...	50		

## 5.1 計測

### 5.1.1 焦点計測の準備

多くのレーザ加工システムでは、焦点解析デバイスの位置はノズルまたはパッドローラによって制限されています。これらを除くことができない場合は、マイクロスポットモニタ (MSM: MicroSpotMonitor) の測定対象と接触しないように、測定システムの動きを制限する必要があります。

これは、メニュー項目 [ Measurement / 測定 - Sensor Parameters / センサパラメータ ] で実行できます (セクション6.4、図6.2参照)。

#### 5.1.1.1 センサのパラメータ / Sensor Parameters

測定の空間分解能は、32 x 32から256 x 256まで調整できます。通常、1行あたり64ポイントの64行で十分です。y方向の分解能はライン数を設定し、x方向の分解能は1行あたりのポイント数を設定します。

データ転送に必要な時間はデータ量とインターフェースによって異なります。データ量は分解能が高いほど高くなります。PCの速度もデータ転送時間に影響します。

マイクロスポットモニタには動きの機械的な制限を設定できます。これにより、例えばノズルやピンチローラといった環境と測定対象物との接触を防止するために、z方向における動作範囲を制限します。

この制限領域は、[ **Measurement Settings** / 測定設定 ] ウィンドウで赤い枠線で示されます。制限領域の角をドラッグすることで、制限領域をマウスで調整できます。デフォルト設定は [ laserds.ini ] ファイルに保存できます。

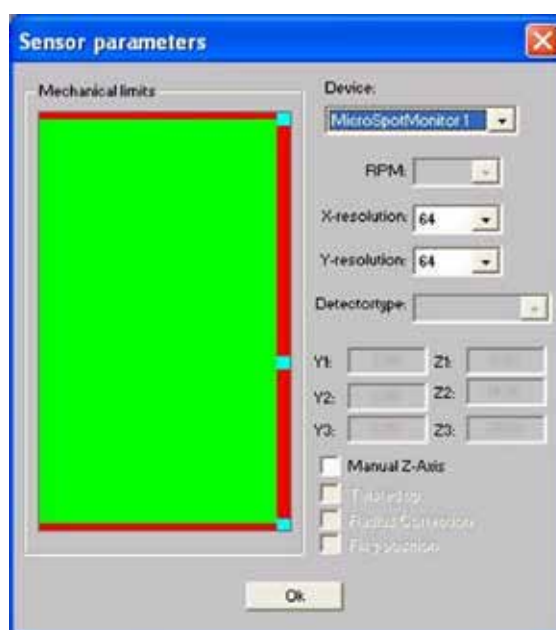


図5.2 Measurement / 測定メニュー  
センサパラメータ

### マニュアルZ軸

ユーザーがマイクロスポットモニタ (MSM: MicroSpotMonitor) の内部z軸を使用せずにコースティック測定を実行したい場合は、**Manual Z-Axis** ボタンでz軸を無効にすることができます。z位置が外部軸によって制御されている場合、z値は [ **Single Measurement** / シングル測定 ] から入力されます。

このようにして、ソフトウェアは平均ビーム半径に基づいてコースティック測定を行うことができます。これにより、例えば、光源から様々な距離にある非集束ビームの測定データから、ビーム伝播ファクタを決定することが可能になります。

#### 5.1.1.2 環境 / 測定環境

このメニュー項目の下には、環境データ (例えばレーザパワー、レーザの種類、集光光学系に関する情報、具体的なコメントなど) を入力することができます。情報は [ Presentation - Overview / 表示 - 概要 ] メニュー項目の下に表示されます。コメントフィールドに#文字を使用しないでください。

この文字はデータファイル内のデータフィールドを区切るために使用され、データの保存時に問題を引き起こす可能性があります。



[Comment / コメント] フィールドの次のラインに移動するには、キーボードの「**Control + Enter**」を押してください。

[ **Single Measurement** / シングル測定 ]メニュー項目のパワー設定は、相対パワー密度の基準値として機能します。焦点距離の仕様は、コースティック測定の解析に関連しています。生ビーム径は、コースティックプロセスと光学系の特定の焦点距離を使用して計算されます。

さらに、座標回転角だけでなく、Z軸オフセットも入力できます。波長はビーム伝播率を正しく決定するための基準です。予め設定されている利用可能な波長は1.06、0.532、0.355 $\mu\text{m}$ です。マイクロメートルの単位で直接値を入力することも可能です。

必要に応じて、測定を行った後でも [ **Apply** / 適用 ] ボタンを使用して値を適用できます。[ **Apply** / 適用 ] ボタンを使用すると現在の平面に変更が適用され、[ **Apply All Planes** / 全ての平面に適用 ] ボタンを使用するとすべての平面に値が適用されます。

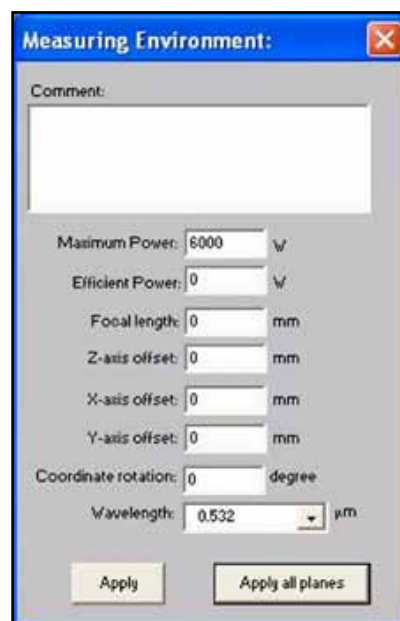


図5.3 測定環境

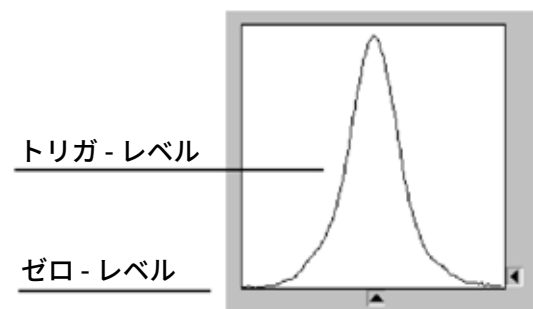
### 5.1.1.3 ビーム検索 - 設定 / Beam Find - Settings

ビーム検索アルゴリズムの設定は次のようにして行われます。

- xとyの空間解像度をピクセル単位で選択
- 測定システムのNull値に依存する信号閾値(トリガ)を入力

パーセント値は、ビームとして認識されるために信号がNull値を超えなければならない量を示します。このレベルはディテクタのS/N比によって決まります。

#### BeamFind内のトリガとパーセント



まずゼロレベルを定義します。

PRIMES社の標準FocusMonitorディテクタのゼロレベルの標準値は150 ADカウントです。これは検出器のオフセットです。このゼロレベルでは、検出器の種類にもよりますが、パイロエレクトリックディテクタでは20~25カウント、フォトディテクタでは約5カウントのノイズ比がわかります。

項目[ BeamFind ] の値、TriggerとPercentは次のように表します。

**Trigger** / トリガは、BeamFindがビームを検出するのに必要な信号レベルを示します。これはビームを検出するのに必要であるゼロレベル上のADC値を与えます。この値はビームが見つかるかどうかを制御します。最小値は、ノイズ比の2~3倍の範囲でなければなりません。ソフトウェアの標準設定は210カウントです。フォトディテクタの場合、はるかに低いレベルが可能です。

**Percent** / パーセントは、測定ウィンドウのサイズを制御します。

この手順では、ウィンドウの範囲内のパワー密度レベルがパーセンテージ x 最大パワー密度になるようにウィンドウを選択します。BeamFindの標準設定は30%です。この場合、最初のウィンドウ設定の限界は最大の0.3倍のパワー密度に達します。



図5.4 ビーム検索 - 設定

### 5.1.1.4 MSMデバイス情報 / MicroSpotMonitor Device Info

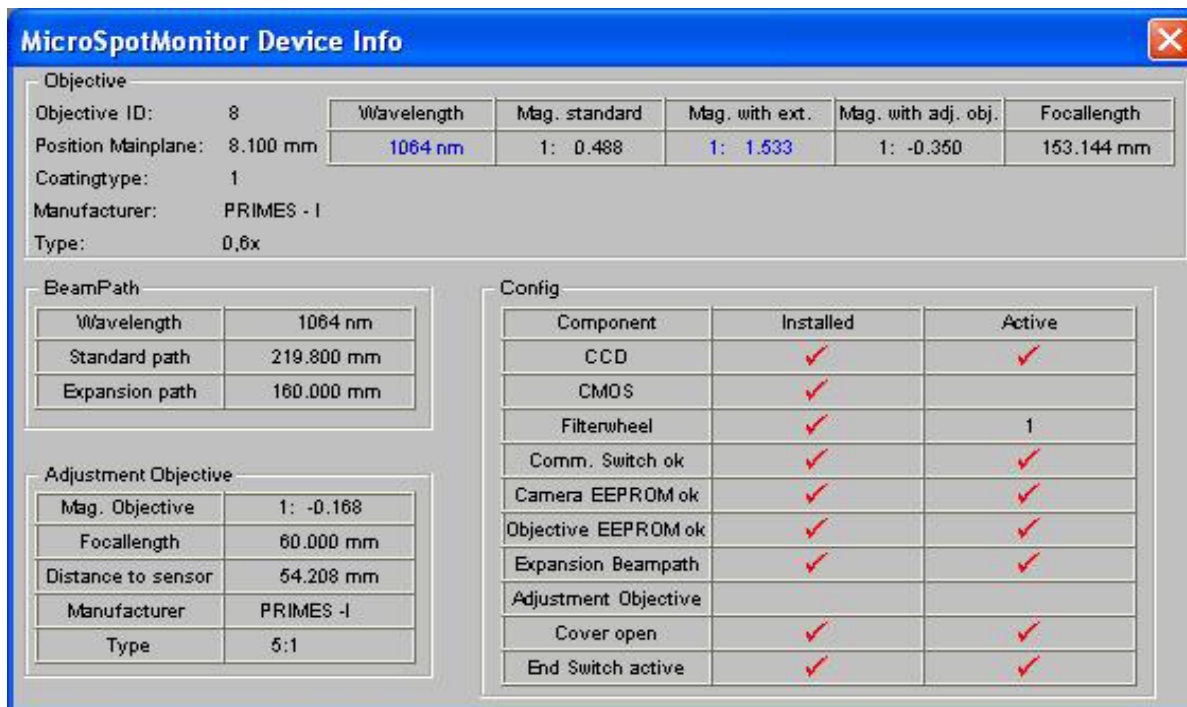


図5.5 マイクロスポットモニタ デバイス情報

内部設定に関する最も重要な情報は、メニュー項目 [ **MicroSpotMonitor Device Info** / デバイス情報 ] にあります。ここでは、測定対物レンズの倍率、現在アクティブになっているカメラチップ、光路拡張がオンになっているかどうかを確認できます。

### 5.1.1.5 マイクロスポットモニタ (MSM:MicroSpotMonitor) の設定

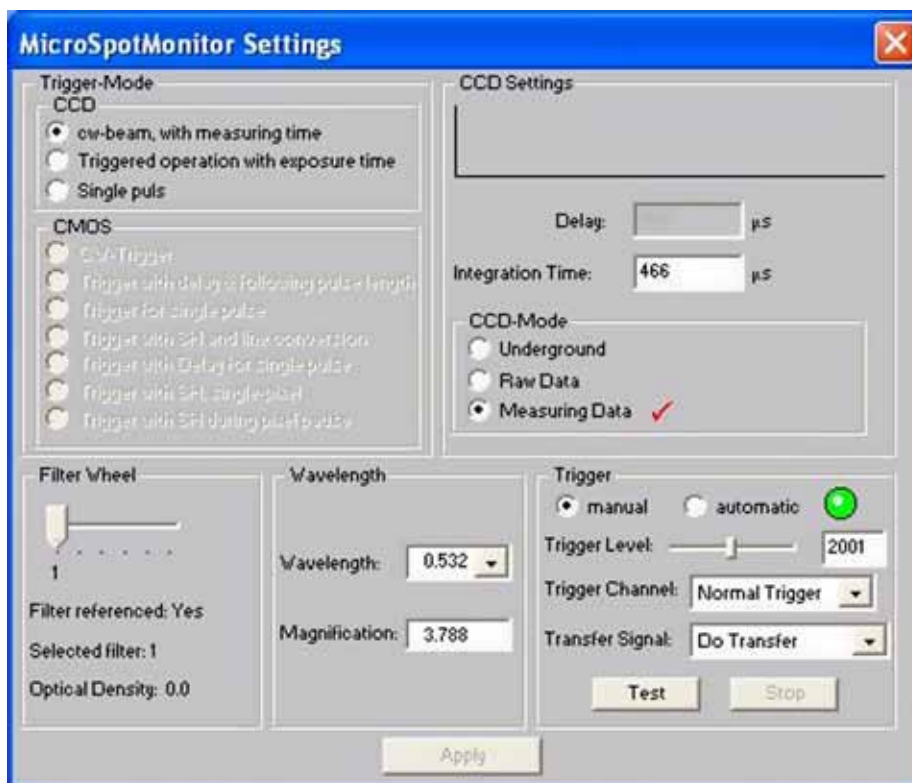


図5.6 マイクロスポットモニタの設定

[ **MicroSpotMonitor Settings** ] メニューはマイクロ スポット モニタ (MSM : MicroSpotMonitor) にとって最も重要なメニューの1つです。波長、減衰、オペレーションモードを指定できます。

#### • Trigger Mode / トリガ モード

CMOSチップとCCDチップのどちらがアクティブになっているかに応じて、連続動作とトリガ動作のどちらかを選択できます。各設定の正確な機能は、9.6.1.3項で確認できます。

#### • CCD Settings / CCD設定

CCD設定でCCDチップのディレイと積分時間を入力できます。

メニュー項目 [ **Measurement - Single Measurement - Ampl** ] の [ **Optimize / 最適化** ] オプションがデフォルトで有効になっているため、最適な露光時間が自動的に計算されます。

#### • CCD Operating Modes / CCD操作モード

実際の測定の前に、9.3.1.1項と9.6.1.1項で説明されているようにブラック測定を行う必要があります。背景を選択すると、ブラック測定データが得られます。生データは、ブラック測定値のオフセットがない測定値に対応します。測定データは常に標準値になります。有効にすると、自動ブラック測定が行われ、実際の測定とオフセットされます。

#### • Filter Wheel / フィルタ ホイール

フィルタホイールを使ってフィルタリングの量を調整できます。フィルタリング範囲は、標準構成のOD 1 (1:10) からOD 5 (1:100,000) までです。

#### • Wavelength / 波長

適切な波長をここに入力する必要があります。光路拡張 (BPE : Beam Path Extension) とキャリブレーションレンズ (CL : Calibration Lens) のどちらが選択されているかに応じて、倍率の計算にレンズデータと共に使用されます。

#### • Trigger / トリガ

トリガメニューはパルスレーザシステムからの測定にのみ使用されます。9.5項で説明されているように、デフォルト値 (2001) がトリガダイオードに事前設定されています。この値はトリガ信号が送信される閾値です。トリガが自動に設定されている場合、トリガ閾値は最高レベルから始まります。テストスイッチは、[Optimize / 最適化] という名前に変更されます。最適化ルーチン中 (レーザがオンになっている必要あり)、マイクロ スポット モニタがトリガ信号を受信するまで (低トリガレベル)、トリガ閾値は段階的に下げられます。その後、マイクロ スポット モニタがトリガ信号を受信しなくなるまで (上限トリガレベル)、トリガ閾値が引き上げられます。最終トリガ閾値は、上限および下限トリガレベルの算術平均値です。メニュー項目 [ **Trigger Channel / トリガ チャンネル** ] で、内部トリガに加えて外部トリガ接続を有効にすることができます。転送信号は、MicroSpotMonitorの転送出力を表します。この設定では、CCDチップがトリガ信号を受信する手段 (レーザ照射など) を指定できます。

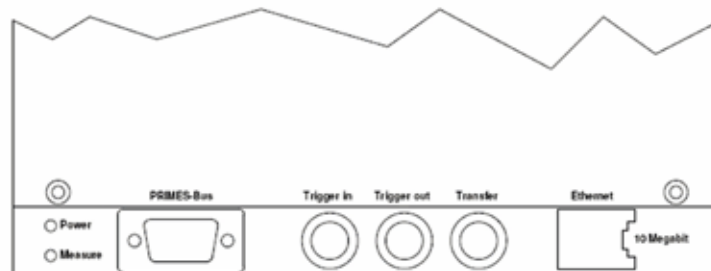


図5.7 トリガパネル

## 一般：出力制御シーケンス

- CCDレジスタをクリアする。
- ラスターラインA (フォト転送が行われるラスタライン) の待機ポイントまで進む。  
SUB-Pulse中にトリガが来た場合は、ラスタラインAを繰り返す。  
(KZW=ラスタラインの変更なし)
- 必要に応じてトリガを待ってから、この場合はラスタラインA (KZW) を繰り返す。
- 必要に応じてディレイ時間を待ってから、この場合はラスタラインA (KZW) を繰り返す。
- SUBパルス (フォトダイオードの電荷を消去する) を受信したら、ラスタラインAの待機ポイントまで進む。
- 照明- CCDの計時 (レジスタを介した電荷の移動) なし
- 数回のADサイクル後、クロッキングが再開。フォト転送
- CCDレジスタを読み込む。測定値 (任意のピクセル) は適切なアドレスを介してADコンバータに送信される。

出力プロセスのタイミングを制御するために転送出力に送信されるさまざまな信号は次のとおりです。

### • 転送する / Do Transfer

ラスタラインAにいるときはHigh (高)レベルになる。  
(KZWが選択されていないときにフォト転送がこのラインでも行われる可能性があるため。)

### • 転送 & XEnde / Do Transfer & XEnde

ラスタラインAの終わりに達したときのショート ハイ パルス。

### • サブ / Sub

サブパルスが実行されている限りHigh (高) レベル。

### • 転送 & サブ / DoTransfer & Sub

サブパルスがラスタラインAで実行されている限りHigh (高)レベル。

### • 開始を完了 / Start Done

CCDがラスタラインAの待機ポイントにあるとき、およびトリガ信号を待機しているときにHigh (高)レベルになる。トリガを受信してディレイが開始すると同時にLow(低)レベルになる。  
非トリガ動作中は、短パルスの間だけHigh (高)レベルになる。  
トリガ出力コネクタを使ってトリガを確認できる。

### • トリガを待機 / Wait For Trigger

CCDの照明準備が整うと、High (高)レベルになる。照明が終わるとすぐにLow(低)レベルになる。  
非トリガ動作中は、露光時間中はHigh (高)レベル。

### • 統合が完了 / Integration Done

照明が完了するとすぐにHigh (高) になる。CCDが読み取られると再びLow(低)になる。

### • フォトサイクル / Photo Cycle

CCDの照明準備が整うと、High (高)レベルになる。照明が終わるとすぐにLow(低)レベルになる。  
非トリガ動作中は、露光時間中はHigh (高)レベル。

### 5.1.2 シングル測定 / Single Measurement

このメニュー項目は、シングル測定を実行するために使用されます（参照：図5.8 - 6.3項のウィンドウの詳細）。測定ウィンドウ位置の設定は手動または自動で入力できます。装置における2mm × 2mmのx軸およびy軸測定範囲は、最大測定ウィンドウよりもはるかに大きいです。これにより手動またはスキャン機能を使用してビーム検索が可能となります。

スキャンがトリガされると、マイクロ スポット モニタ (MSM:MicroSpotMonitor)は自動的に測定範囲をテストします。最大強度のポイントが検出されると、マイクロ スポット モニタは自動的にポイントにズームし、測定ウィンドウのサイズを調整します。装置にX軸またはY軸がない場合、**Find beam**を使用してビーム検索機能を自動的に実行できます。

システムは、選択されたz位置でセットアップウィンドウの領域のみを検索します。

その後、[ Beam Search / ビーム検索 ] ウィンドウが表示されます。ビーム検索が成功すると、適切なサイズと位置の測定ウィンドウが [ Single Measurement / シングル測定 ] ウィンドウのテストパネルに表示されます。その後、[ Measure / 測定 ] ボタンを使用してビームを記録することができます。測定ウィンドウのサイズは、対物レンズの倍率によって異なります。影響を与える要因は、対物レンズ、波長、動作モード（標準、光路延長、校正モード）です。多くの場合、測定ウィンドウは、x軸とy軸を使用した場合の保証測定範囲(2mm x 2mm)よりはるかに小さくなります。したがって、ビーム検索はスキャンボタンで行われます。スキャンがトリガされると、マイクロ スポット モニタは自動的に測定範囲を確認します。最大強度のポイントが検出されると、マイクロ スポット モニタは自動的にこの領域を拡大して測定ウィンドウサイズを調整します。

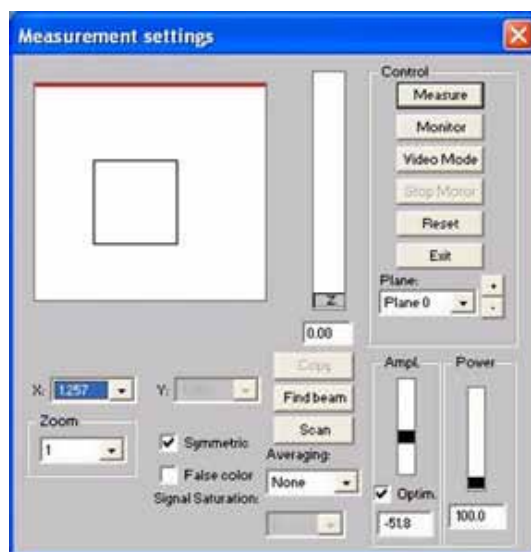


図5.8：シングル測定の設定ウィンドウ

手動ビーム検索の間、ユーザは測定ウィンドウの位置と大きさを自分自身でメカニカル限界内に設定することができます。ポップアップメニューから選択できるので、2次およびxの場合（またはいずれかの場合）はx値を入力し、長方形の測定ウィンドウの場合はxとyの値を入力します。測定ウィンドウの位置はフレームをマウスでクリックしてドラッグすることで変更できます。z方向のウィンドウの位置（高さ）は、zスライドバーを使用するか、または数値を入力することによって変更できます。**Zoom/ズーム**機能を使用すると、測定レンジを詳細に拡大できます。

対応するボタンをクリックすると、疑似カラー表示が有効になります。コンピュータの性能によっては、この画像を表示するのに時間がかかる場合があります。[ **Measure** / 測定 ] ボタンで測定が開始されます。[ **Monitor** / モニタ ] ボタンは現在の設定に基づいて定期的な測定を開始します。繰り返し率は、PCとマイクロ スポット モニタ間の空間分解能と通信の種類によって異なります。

[ **video mode** / ビデオモード ] は、イーサネット通信を使用している場合にのみ機能します。マイクロ スポット モニタはビデオモードで毎秒10フレームを提供します。モニタリング動作とは異なり、ビデオモードでは生データのみが送信されます。測定中にディテクタがオーバードライブされている場合、つまり画像の赤の表示および明瞭な部分の4095のA / D変換器の値（またはいずれか）が信号の飽和を示している場合は、[ **Amplitude** / 振幅スライダ ] を使って増幅度を下げた後測定をやり直す必要があります。最適化が有効になると、増幅は自動的に調整されます。必要に応じて、NDフィルタを使用してフィルタリングを増やす必要があります。

[ **Power** / パワー ] スライダは実際のレーザパワーを設定するので、ソフトウェアアルゴリズムは空間パワー密度を計算できます。それは最大値まで任意のパワーに調整することができます。最大パワーはメニュー項目 [ **Measurement** / 測定 - 環境 ] に入力されます。1セットの測定データは、最大20平面のパワー密度分布で構成されています。PRIMES社のレーザ解析ソフトウェア(LDS)のさまざまな表示機能を使用して、結果を簡単に比較および分析できます。

[ Copy / コピー ] ボタンをクリックすると、測定ウィンドウのサイズ、位置、パワー、増幅率の設定を前の平面から引き継ぐことができます。設定は、ひとつ小さい番号の面からコピーされます。

メニュー項目 [ Averaging / 平均化 ] を使用して、最大10個それぞれの測定値を平均化できます。さまざまな平均化アルゴリズムが利用可能です。

**Mean value / 平均値**：測定された分布の平均値

**Max. Pixel / 最大ピクセル**：測定された分布の最大ピクセル

**Max. Trace / 最大トレース**：測定分布の最大ライン

最大ピクセルと最大トレースは、パルスレーザ光を検出するときに役立ちます。最大ピクセルはビーム半径を決定する上でいくつかの問題を引き起こす可能性があります。これは、この動作モード中に、NULLレベルを計算する際の問題が原因です。この動作モードでNULLレベルが正しくないと、ビーム半径の計算は失敗します。測定中はシステムステータスが表示され、次のように表示されます。

- ・現在の測定面
- ・基準サイクルの実行
- ・デバイスの位置決め
- ・測定操作
- ・データ転送（進行状況はバナーで表示）

何らかの問題や接触が発生した場合、実行中の測定を中止するには [ Cancel / キャンセル ] ボタンを使用してください。キャンセルを選択するとモニタリングモードも終了します。キャンセル後はRESETサイクルを実行することをお勧めします。

Monitor
Querying Address : 168
Cancel

### 5.1.3 コースティック測定 / Caustic Measurement

目的は、ワーキング方向への伝播の検証です。コースティック測定は、z位置が変化する一連の測定です。結果は異なる平面に割り当てられます。この場合、z位置は全てのワーキング平面に割り当てられます。ビーム半径およびパワー密度はワーキング平面のz位置にわたって変化し、そしてウィンドウサイズおよび信号増幅は平面ごとに変化し得ます。したがって、各作業平面のパラメータは別々に保存されます。

コースティック測定は手動でも自動でも行うことができます。自動コースティック測定の場合は、以下の項目について指定するだけです。

- ・最小および最大Z位置
- ・測定する面の数
- ・ビーム検索の開始面

ビーム検索の後、システムは等距離平面でビームを測定し、焦点位置、焦点半径、ビーム伝播係数を決定します。手動測定の場合、すべてのパラメータは単一の測定方法に従って手動で入力されます。この時点で、手動のコースティック測定が可能です。パラメータは、メニュー項目 [ **Data - Settings** / データ - 設定 ] を使用して保存またはリロードできます。

### 5.1.3.1 コースティック測定の準備 - セットアップ

マイクロ スポット モニタ(MSM:MicroSpotMonitor)を配置するとき、ビームの焦点はz軸ワーキングエリアの中央になければなりません。機器の付属品や装具にもよりますが、これは統合されたz軸のNULL位置 (標準機器の場合は35mm) の約17mm上です。パワー、倍率、値および平均化モードの値をグローバルに設定できます。焦点の周りの±2レイリー長の範囲内に最低10の測定平面があるはずですが。また焦点の周りに±1レイリー長の範囲では、少なくとも5つの測定平面があるはずですが。

ISO 11146規格に準拠するには、最低4つのレイリー長にわたって測定する必要があります。

### 5.1.3.2 自動コースティック測定

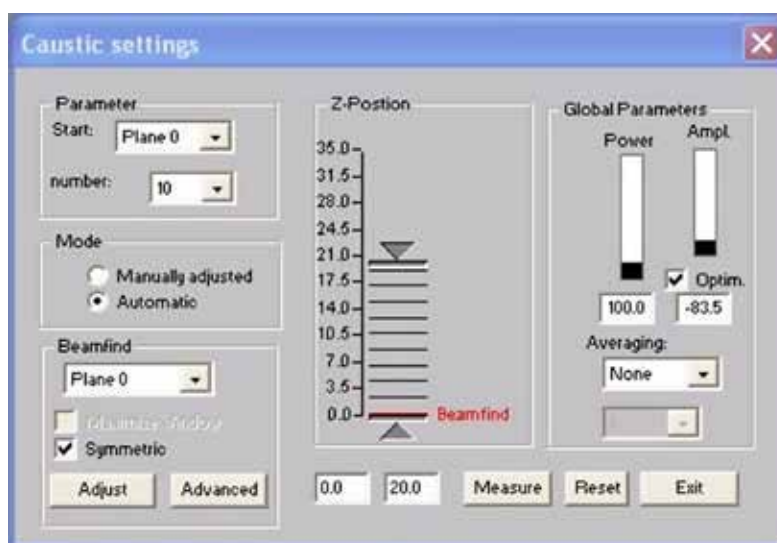


図5.9 コースティックセッティング

自動コースティック測定では、最小および最大のz位置と指定された測定面の数が選択されます。測定サイクルは、指定された開始面での自動ビーム検索から始まります。ビーム検索は、開始面の測定ウィンドウの領域内でのみ行われます。メニュー項目 [ **Settings** / 設定 ] で、ウィンドウを調整することが可能です。ビーム検索の空間分解能、閾値、最小信号強度の設定は、メニュー項目 [ **Details** / 詳細 ] に入力できます (5.1.3.5項を参照)。

設定は手動で入力できます。次項で説明されているように測定面の設定を手動で入力した後、[ **Manual** / 手動 ] ボタンをクリックすることでコースティック測定を自動的に繰り返すことができます。

ウィンドウサイズ、位置などの測定設定をデータファイルに保存して、必要に応じてリロードすることもできます。[ **Measurement** / 測定 ] ボタンを押すと、測定サイクルが始まります。測定サイクルの間、すべての平面が次々に測定されます。

### 5.1.3.3 手動コースティック測定 / Manual Caustic Measurement

手動コースティック測定は、さまざまなz位置での一連の単一測定から行われ、結果は別々の平面として保存されます。

手動のコースティック測定を実行するには、次の手順に従います。

- a) メニュー項目 [ **Edit - Delete All Planes** / 編集 - 全平面削除 ] を使用して古いデータを削除する。
- b) [ **Measurement - Single Measurement** / 測定 - シングル測定 ] で最初の平面を選択する。
- c) [ **Measurement - Single Measurement** / 測定 - シングル測定 ] でz位置を設定する。
- d) [ **Measurement - Single Measurement** / 測定 - シングル測定 ] で測定ウィンドウのサイズと位置を設定する。
- e) 選択した平面で測定サイクルを開始する。
- f) 次の平面を選択して手順cに戻る。

ステップcからfは10から15回繰り返すことができます。

個々の平面に対するz距離は、レンズの焦点距離の約1/200であるべきです。焦点距離が127mmのレンズの場合、これは約0.5mmから0.6mmの距離を意味します。15面のコースティック測定では、z軸上の範囲は約8mmです。

手動コースティック測定は、[ **Caustic Measurement** / コースティック測定 ] ウィンドウで手動測定モードを選択し、[ **Measurement** / 測定 ] ボタンをクリックすると開始されます。



### 5.1.3.5 コースティック測定結果の表示

コースティック測定の結果は、メニュー項目 [ **Presentation - Caustic** / 表示 - コースティック ] を選択することで表示できます。図5.10の左側には、86%半径に従って計算されたビームパラメータ、またはISO 11146に準拠したモーメント評価が表示されます。真ん中のグラフは、ビーム伝搬経路上のビーム半径の関数としてコースティックプロセスを示しています。右側は、中央のグラフからマウスを使って選択できるシングル測定平面の数値結果と疑似カラー表現を示しています。

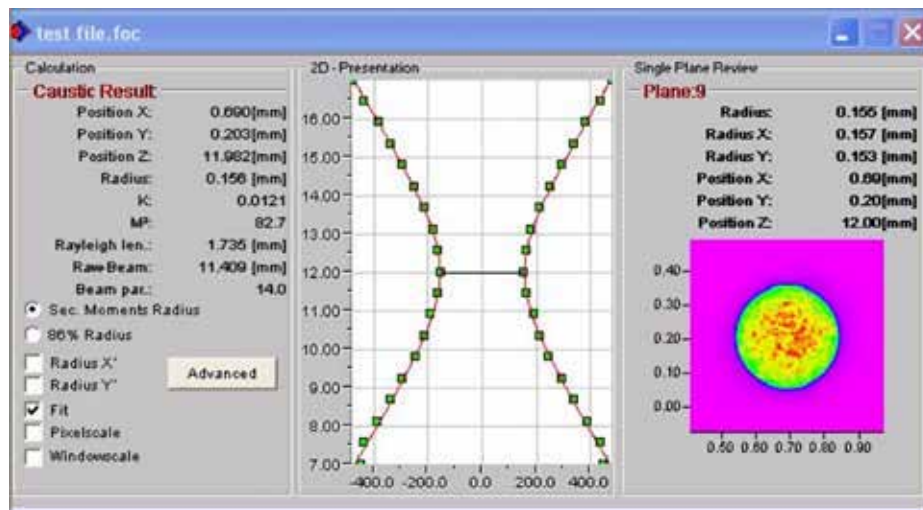


図5.10 メニュー項目：コースティック表示 / Presentation - Caustic

赤線は、[ **Fit** / フィット ] チェックボックスを選択することによって測定データを表すことができる補正カーブです。

#### • 補正カーブ

コースティックのより正確な分析を可能にするために、測定値に対して双曲線補正カーブ (ISO 11146) がプロットされています。補償カーブは、理想的なレーザービームの伝播を数学的に表しています。理論補正カーブは、以下のパラメータに基づいています。

#### • ビーム伝搬率 $M^2$ (ビーム伝搬ファクタ) ( $K = 1 / M^2$ )

ビーム伝播率は、理想のガウシアンビームと比較して、実際のレーザービームをどれだけうまく集光させることができるかを表します。理論的なガウシアンビームの伝播係数は1です。実際のビームは1より大きい $M^2$ 値を有します。CO<sub>2</sub>溶接レーザーの場合、値は2から5の範囲です。切断レーザーの場合、値は2.5から1.1の範囲です。マイクロマシニングにおけるレーザーはしばしば近い $M^2=1$ です。

#### • z 位置

この値は、z軸上の焦点の位置を示します。補正カーブは全ての測定点に基づいているので、測定された最小のビーム半径のエリアにおける測定に基づいてz位置を計算する必要はありません。

#### • フォーカス半径

焦点半径はコースティック内の最小ビーム半径です。この値は通常、最小の測定値に似ています。さまざまな理由から、この値が測定値と一致しない可能性があります。補正カーブが全般的に測定値に準ずることを単に保証しなければなりません。そうでない場合、補正カーブのパラメータは棄却されるべきです。

## • レイリー長 / Rayleigh Lengths

レイリー長は導出パラメータであり、ビーム半径が2の平方根の係数で減少し、ビーム面積が2の係数で減少するz方向の距離を表します。レイリー長は、集光光学系のビーム伝播率および焦点距離と共に増加します。レイリー長の2倍の値は、与えられた光学系で対応できる材料の厚さ(金属)に対する安全な推定値です。

最も有用な測定結果を得るためには、z方向の測定範囲は少なくとも2レイリー長であるべきです。ISO 11146で要求されているように、4レイリー長の範囲を持つほうが良いです。しかしながら、パワー密度はこの時点で急速に低下します。2レイリー長の距離で、パワー密度は4分の1に低下します。この場合、コースティック測定は、z方向の希望する測定範囲と、エラーのない測定に必要なパワー密度(S/N比)の妥協点です。

非対称のビームの解析では、ビームの主軸上の寸法を決定することが可能です。これらの値から、プログラムは指向性ビーム伝搬係数とビーム位置の値を計算します。対応するカーブはxとyのチェックボックスを選択することで利用でき、数値は [Details / 詳細] ボタンをクリックすると利用できます。

## • サイクリック コースティック測定 / Cyclic Caustic Measurements

サイクリックコースティック測定(周期的測定)を実行するときは、さまざまな表示パラメータの設定をデータファイルに保存すると便利です。このデータはいつでも利用可能で、新しい測定のためにリロードすることができます。ビームを簡単に確認する場合や、コースティックの一部だけを測定する必要がある場合、つまりガスノズルがまだ取り付けられている場合は、いくつかの平面のみを使用して測定することをお勧めします。

周期的測定は通常2~3分かけて行われます。イーサネット通信によってははるかに速くなります。この場合、レーザ解析ソフトウェア(LDS:LaserDiagnoseSoftware)がレーザの切り替えを制御できるように、SPSインターフェイスを介してマイクロスポットモニタ(MSM:MicroSpotMonitor)をプロセス制御システムに接続すると便利です。レーザまたはシステムの整備後の測定では、結果の精度を上げるために、より多くの平面を使用する必要があります。

測定を開始するために、保存されたコースティックデータが設定ファイルからロードされます。メニュー項目[File - Load Settings / ファイル - ロード設定]で行います。データは、希望のファイル名を入力した後にロードされます。5.1.3.3項の手動コースティック測定の説明の通りに測定が開始されます。

## 5.2 測定結果の表示と文書化

本章では、測定結果の表示、解析、保存についてご説明します。

### ツールバー

異なる測定値を比較するために、プログラムは複数の測定データ記録を同時に表示することができます。開かれたデータ記録は、ツールバーに表示されます。ディスプレイを開くには、リストから目的のデータ記録を選択します。

シンボルはファイル管理と同様に異なる表示タイプを表します。詳細は6.2項をご参照ください。



シングル測定に対する3つの表示オプション(可変等高線、等角投影、疑似カラー)のそれぞれに対して、表示領域内の測定結果に合わせて自動スケーリングを選択できます。さまざまなデータレコードを切り替えることに加えて、[平面 / Plane] ドロップダウンボックスを使用して平面を切り替えることもできます。表示メニューで選択した面が [グローバル / Global] のときは、ツールバーを使って面を切り替えることができます。

現在のデータ記録の名前は表示ウィンドウのタイトルバーに表示されます。

### 5.2.1 疑似カラー / Pseudo Colors

測定されたパワー密度分布を疑似カラーで表示します。カラースケールは左側に表示されます。より高い感度のために、例えば回折図形の解析のために、カラースケールは、メニュー項目の [表示 / Presentation - カラーテーブル / Color Tables] で変更することができます。自動スケーリングに加えて、3つのスケールモードがあります。

#### 密度スケーリングのスケール

コースティック測定すべての面は、測定された最高のパワー密度に合わせて調整されます。これは個々の平面を互いに比較するのに役立ちます。

#### ピクセルスケール

ピクセルスケールは、非対称の測定ウィンドウまたは非対称の空間分解能(128 x 64など)がある場合に使用できます。表示は測定ウィンドウサイズの関数ではなく、測定されたピクセル数の関数です。

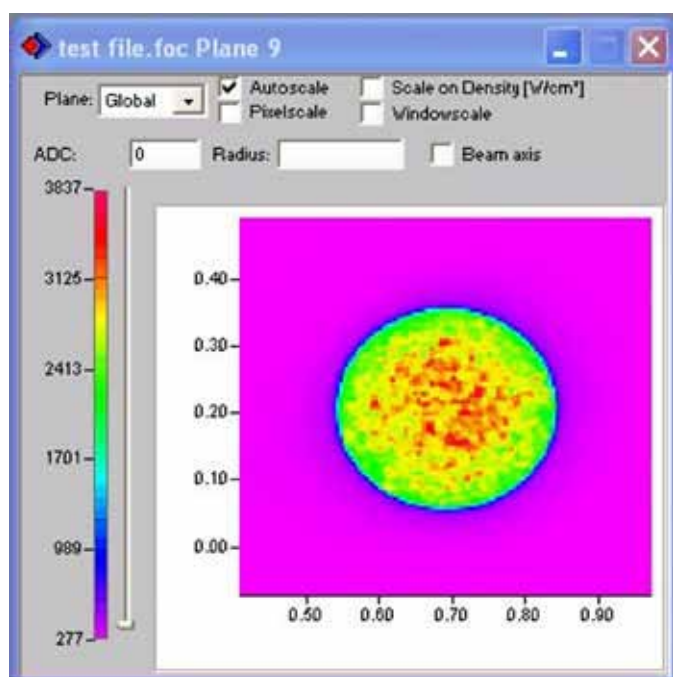


図5.11 表示 - 疑似カラー / Display - Pseudo Colors

#### ウィンドウスケール

ウィンドウスケールを使用して、コースティック測定すべての測定ウィンドウが最大の測定ウィンドウにサイズ変更されます。このスケーリングは、コースティック測定個々の平面を互いに比較するにも役立ちます。

## 5.2.2 疑似カラー (フィルタ処理済み) Pseudo Colors (Filtered)

フィルタの基礎となる関数はスプライン関数です。最大からの位置を維持することによって特徴付けられています。個々のピクセルのマトリックスは、ノイズを低減するために1-2-1フォルタで重み付けされています。

このフィルタは、最大値をずらすことなく繰り返し適用することができます。

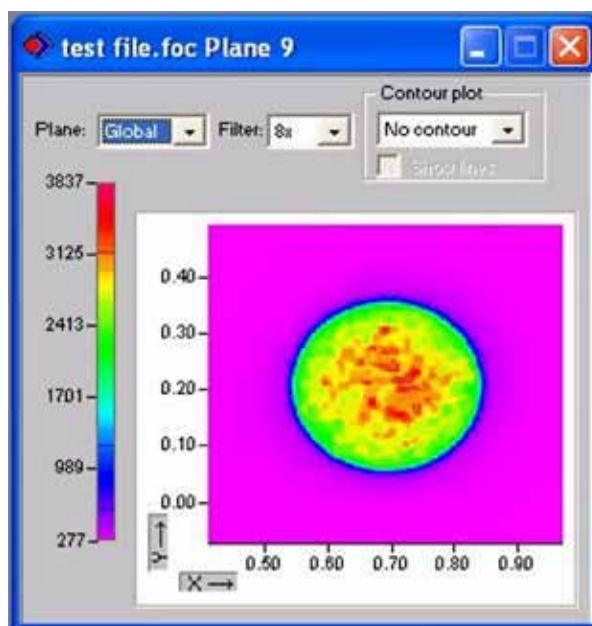


図5.12 表示 - 疑似カラー (フィルタ処理済み)  
Display - Pseudo Colors (Filtered)

## 5.2.3 アイソメトリック3D表示

一つの平面の測定されたパワー密度分布の空間表示を作成します。カラー表示は無効にできます。分布表示は、0°、90°、180°、270°で回転できます。

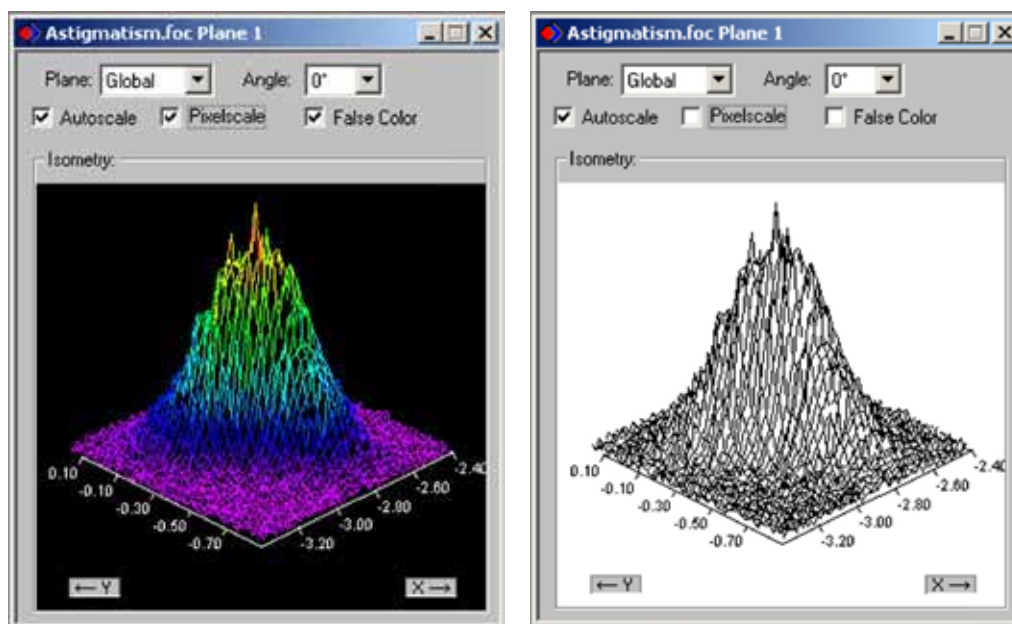
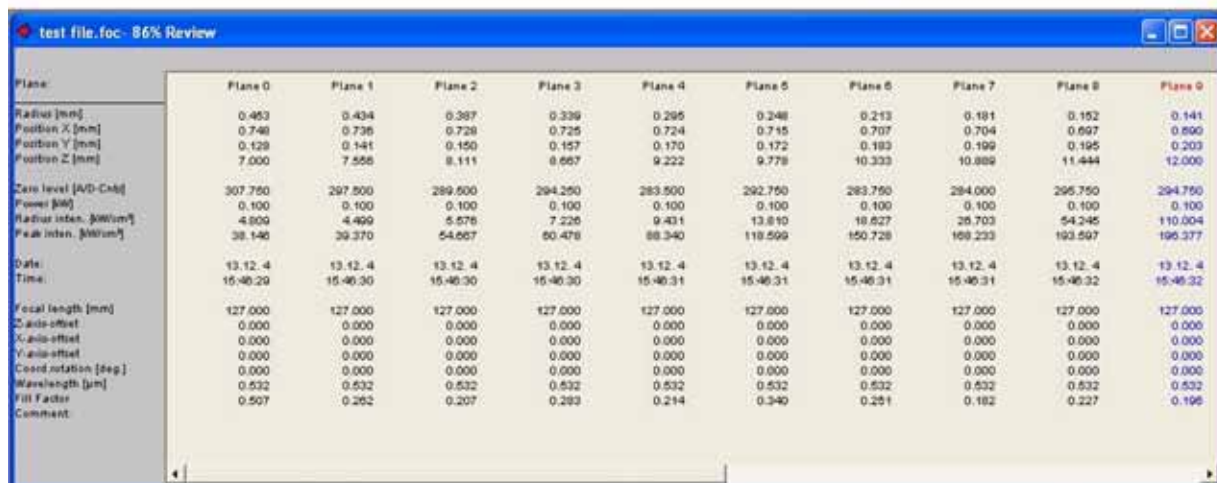


図5.13 ディスプレイ - アイソメトリック3D (右側の色は無効)

## 5.2.4 86%または2次モーメントのレビュー

下記のパラメータが表示されます。



Plane:	Plane 0	Plane 1	Plane 2	Plane 3	Plane 4	Plane 5	Plane 6	Plane 7	Plane 8	Plane 9
Radius [mm]	0.453	0.434	0.387	0.339	0.295	0.248	0.213	0.181	0.152	0.141
Position X [mm]	0.748	0.736	0.728	0.725	0.724	0.715	0.707	0.704	0.697	0.690
Position Y [mm]	0.128	0.141	0.150	0.157	0.170	0.172	0.183	0.199	0.195	0.203
Position Z [mm]	7.000	7.558	8.111	8.657	9.222	9.778	10.333	10.889	11.444	12.000
Zero level [A/D-Cnt]	307.750	297.500	289.500	294.250	283.500	292.750	283.750	294.000	295.750	294.750
Power [mW]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Radius inten. [W/cm²]	4.800	4.490	5.578	7.226	9.431	13.810	18.627	26.703	54.245	110.004
Peak inten. [W/cm²]	38.146	39.370	54.657	80.478	88.340	118.599	150.728	188.233	193.597	196.377
Date:	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4
Time:	15:46:29	15:46:30	15:46:30	15:46:30	15:46:31	15:46:31	15:46:31	15:46:31	15:46:32	15:46:32
Focal length [mm]	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000
Z-axis offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X-axis offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-axis offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Coord rotation [deg]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Wavelength [µm]	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532
Fill Factor	0.507	0.262	0.207	0.283	0.214	0.340	0.251	0.182	0.227	0.198
Comment:										

図5.14 表示 - レビュー (86%) / Display - Review (86%)

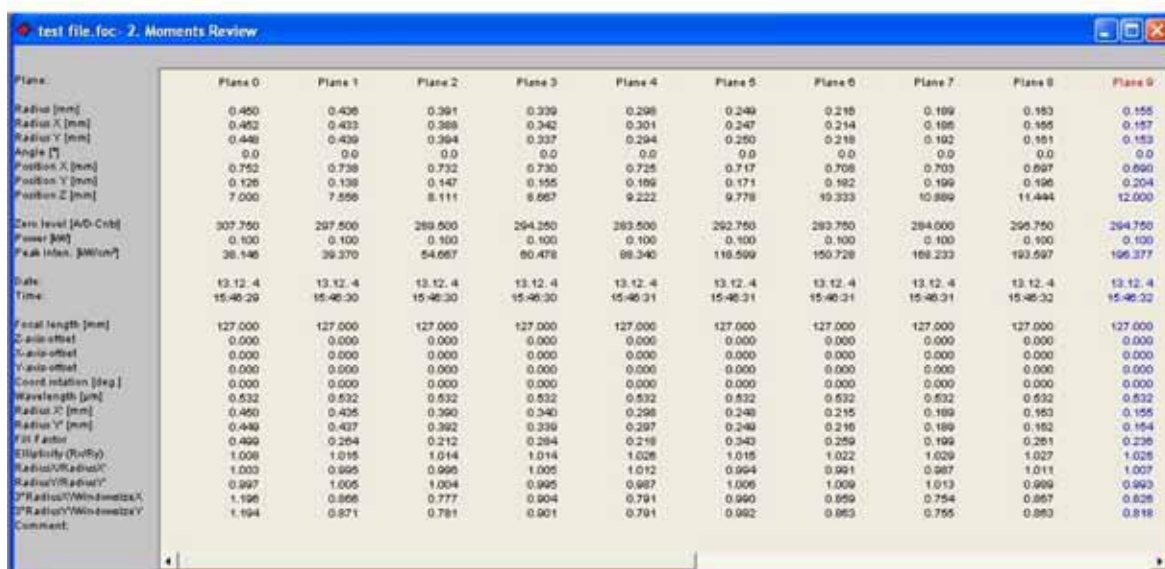
測定日、測定時刻、メニュー項目 [測定 - 環境 / Measurement - Environment] からの入力：  
焦点距離、オフセット、コメントフィールドの内容

また、次のような数値結果が表示されます。

ビーム半径、xビーム半径 (2次モーメントのみ - 主軸)、yビーム半径 (2次モーメントのみ - 短軸)、x位置、y位置、必要に応じてz位置とパワー密度 (測定 / Measurementメニューのパワーレート設定に基づく)

概要の違いは、ISO11146に従って、一方は86%のパワー分布に基づいて、もう一方は2次モーメントに結果を表示することです。

測定信号がNullレベルに近い場合、結果は黒ではなく灰色で表示されます。この場合、結果を棄却し、テストをさまざまな設定で繰り返す必要があるかどうかを確認する必要があります。コメント行の入力パワー、焦点距離、波長も測定後に変更できます。これはメニュー項目 [測定 / 環境 / Measurement - Environment] を使用して行います。[ # ]文字はコメントに使用できません。この文字を使用すると、測定データファイルの保存および読み取り時に問題が発生する可能性があります。



Plane:	Plane 0	Plane 1	Plane 2	Plane 3	Plane 4	Plane 5	Plane 6	Plane 7	Plane 8	Plane 9
Radius [mm]	0.450	0.438	0.391	0.338	0.298	0.249	0.218	0.189	0.163	0.155
Radius X [mm]	0.452	0.433	0.388	0.342	0.301	0.247	0.214	0.186	0.165	0.157
Radius Y [mm]	0.448	0.439	0.394	0.337	0.294	0.250	0.218	0.192	0.161	0.153
Angle [°]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Position X [mm]	0.752	0.738	0.732	0.730	0.725	0.717	0.708	0.703	0.697	0.690
Position Y [mm]	0.126	0.138	0.147	0.155	0.169	0.171	0.182	0.199	0.196	0.204
Position Z [mm]	7.000	7.558	8.111	8.657	9.222	9.778	10.333	10.889	11.444	12.000
Zero level [A/D-Cnt]	307.750	297.500	289.500	294.250	283.500	292.750	283.750	294.000	295.750	294.750
Power [mW]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Peak inten. [W/cm²]	38.146	39.370	54.657	80.478	88.340	118.599	150.728	188.233	193.597	196.377
Date:	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4	13.12.4
Time:	15:46:29	15:46:30	15:46:30	15:46:30	15:46:31	15:46:31	15:46:31	15:46:31	15:46:32	15:46:32
Focal length [mm]	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000
Z-axis offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X-axis offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-axis offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Coord rotation [deg]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Wavelength [µm]	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532
Radius X' [mm]	0.450	0.435	0.390	0.340	0.298	0.248	0.215	0.189	0.163	0.155
Radius Y' [mm]	0.448	0.437	0.392	0.339	0.297	0.248	0.216	0.189	0.162	0.154
Fill Factor	0.499	0.264	0.212	0.294	0.219	0.342	0.259	0.199	0.251	0.239
Ellipticity (R/Ry)	1.008	1.015	1.014	1.014	1.028	1.018	1.022	1.029	1.027	1.028
Radius/R/RadiusX'	1.003	0.995	0.996	1.005	1.012	0.994	0.991	0.987	1.011	1.007
Radius/Y/RadiusY'	0.997	1.005	1.004	0.995	0.987	1.006	1.013	0.999	0.993	0.993
R²RadiusX'/WavelengthX'	1.198	0.868	0.777	0.804	0.791	0.960	0.859	0.754	0.867	0.828
R²RadiusY'/WavelengthY'	1.194	0.871	0.781	0.801	0.791	0.982	0.883	0.765	0.883	0.818
Comment:										

図5.15 表示 - レビュー (2次モーメント) / Display - Review (2. Moment)

## 5.2.5 対称性チェック / Symmetry Check

その他の表示機能のひとつには対称性チェックがあります。このメニュー項目は、レーザビームのパワー密度分布の回転対称性をチェックします。マイクロスポットモニタ (MSM: MicroSpotMonitor) と組み合わせて使用することで、レーザ共振器の校正や調整を行うことができます。

図5.16と図5.17に、対称性チェックの結果の例を示します。

- ・最大パワーの86%の回転対称性を有するビーム

楕円形ビームのパワー密度分布の対称性チェックの結果が右側に示されています。

横軸は角度を示し、縦軸はトータルパワーの86%から10%の間のさまざまなパワーでの切断線のビーム半径を示します。曲線は異なる色で画面に表示されます。半径はピクセル座標で表示されます。最小半径と最大半径の値を選択できます。異なる半径の値に対する標準偏差が右側に表示されます。これらの値はビーム分布の対称性に関する正確な情報を提供します。

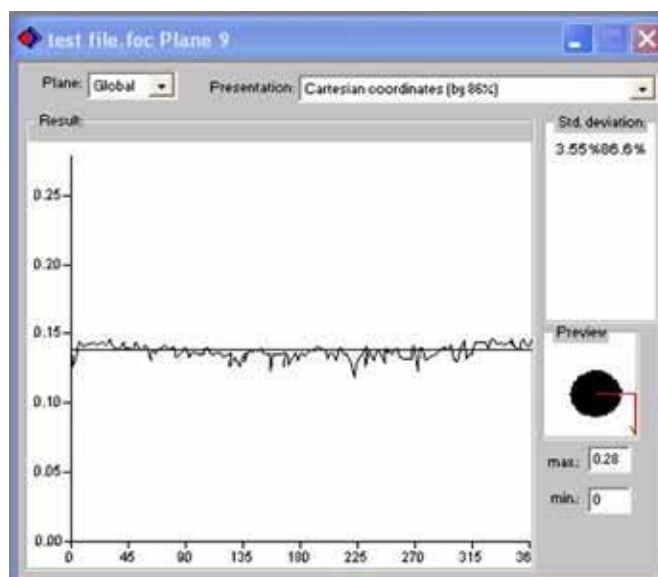


図5.16：直交座標のメニュー項目 表示 - 対称性チェック / Display - Symmetry Check

最適に調整された共振器は、3から5%の範囲の標準偏差を有します。

極座標での表示も可能です(図5.17)。描かれたラインは、検出されたパワーの86%から10%を示しています。グラフは画面上でさまざまな色をしています。X軸とY軸はピクセル単位で拡大縮小されます。

図5.17のパワー密度分布は、86%平面上で回転対称のビームに対する対称性チェックの結果を示しています。

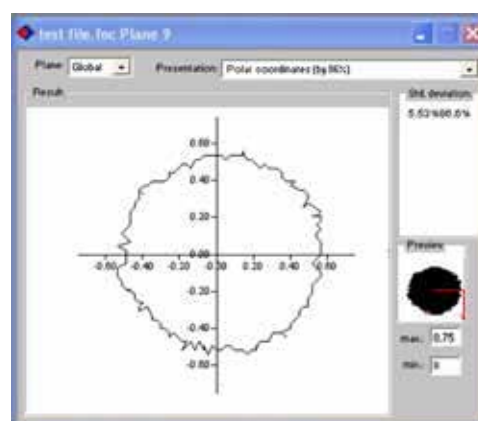


図5.17 極座標での対称チェック

## 5.2.6 固定等高線 / Fixed Contour Lines

等高線は、さまざまなパワーレベルで表示されます。選択された等高線は、86%、80%、60%、40%、20%、10%です。

始点と終点をマウスでクリックして、この画面で距離を測定することもできます。

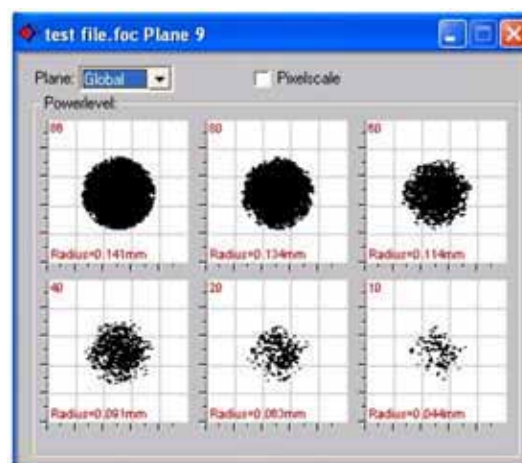


図5.18 表示 - 固定切断線 / Display - Fixed Cut Lines

## 5.2.7 可変等高線 / Variable Contour Lines

ここでは、空間パワー密度分布を可変等高線で示します。x方向とy方向の等高線とパワー密度座標(ADカウント)を選択できます。等高線の位置は、マウスまたはキーボードのコマンドで制御できます。キーボード操作の場合は以下の通りです。

- x方向：値を増やすには x を、値を減らすには shift-x を押します。
- y方向：値を増やすには y を、値を減らすには shift-y を押します。
- パワー密度(強度)：値を上げるには i を、値を減らすには shift-i を押します。

等高線の座標、パワー密度、半径、体積が左下に表示されます。5.2.1項で説明したように、スケーリングは右上で変更できます。この下に、半径を計算する必要があるパワー損失を入力するフィールドがあります。

さらに、このウィンドウには、測定が行われた条件に関するその他の情報が表示されます。密度、平均化および増幅もまた示されています。

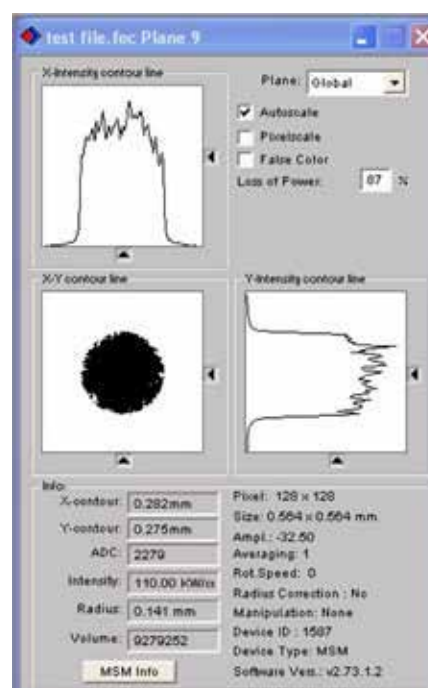


図5.19 可変等高線 / Variable Contour Lines

## 5.2.8 グラフィカル概要 / Graphical Overview

[グラフィカル概要 / Graphical Overview] では、測定値をさまざまな方法で表示できます。

パワー、時間、平面、z位置をx軸に割り当てることができます。また半径、x位置またはy位置、y軸に対する角度、楕円率を割り当てることができます。全部で20の異なるグラフをこのウィンドウ内に表示することができます。

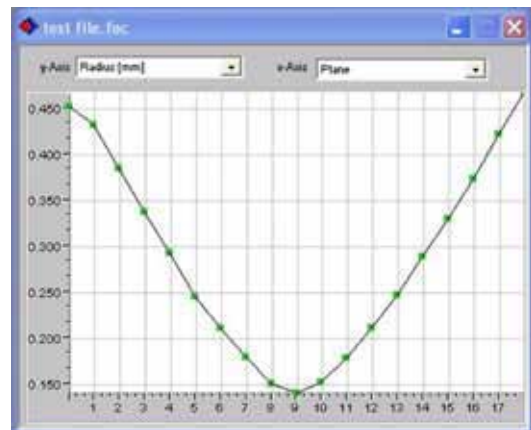


図5.20 グラフィカル概要 / Graphical Overview

## 5.2.9 カラーテーブル / Color Tables

さまざまなカラーテーブル(表)があります。ソフトウェアはカラーテーブルを切り替えることを可能にします。このように、A/D変換器値は異なるカラースケールに割り当てることができます。これは各疑似カラーディスプレイにとって重要です。

3つのカラーテーブル設定があります。

- 1 - リニア / Linear Color Table
- 2 - 平方根 / Square Root Color Table
- 3 - 4乗根 / Fourth Root Color Table

これらの設定は、例えば回折現象を解析するなど、特にNullレベル付近の小さな変動を解析するときに役立ちます。



図5.21 カラーテーブル / Color Tables

## 5.2.10 装置の位置 / Position

装置を配置できます。

## 5.2.11 統合 / Merge

同じ測定ウィンドウサイズと平面位置を持つ2つの測定値を単一のデータファイルに保存します。

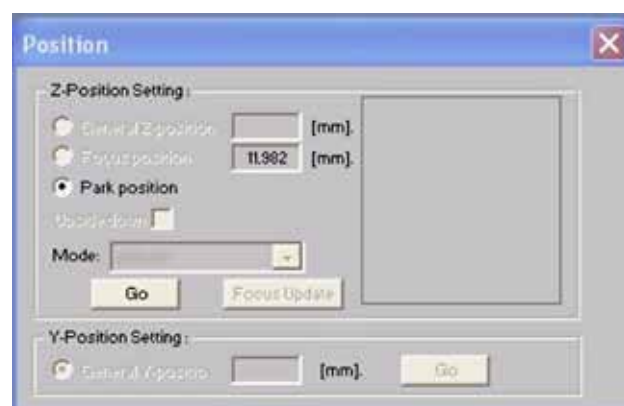


図5.22 ディスプレイ - 位置 / Display - Position

## 5.3 ファイル管理 / File Management

他のタスクの中でも特に、測定データと設定データの管理が含まれます。



### 5.3.1 新規ファイル / New

新規のファイルを作成します。

### 5.3.2 ファイルを開く / Open

保存済みのデータファイルを選択して開くことができます。



図5.23 既存のファイルを開く

### 5.3.3 保存 / Save

通常のファイル保存操作はここで利用できます。標準のファイルタイプはバイナリで、最小のストレージ容量が必要です。 .foc はバイナリファイルのファイル拡張子です。ファイル拡張子が .mdf のASCII形式でデータを保存することもできます。 .mdf ファイル形式に関する情報は本マニュアルの付記にあります。これらの拡張子を持つファイルのみがプログラムによって開くことができます。

### 5.3.4 名前を付けて保存 / Save As

測定データをファイルに保存するには、[名前を付けて保存 / Save As]を選択してファイル名を入力します。ユーザは2つのファイル形式から選択できます。

**測定データは、ファイルが .foc または .mdf の拡張子で保存されている場合にのみリロードできます。測定データは、ツールバーではっきりと選択されている場合にのみ表示されます (6.3項を参照)。**

### 5.3.5 エクスポート / Export

数値結果をタブ区切りのテキストファイルに書き込みます。このテキストファイルはMicrosoft Excelに簡単にインポートできます。あるいは、プロトコルファイル (\*.pkl) にデータを書き込むこともできます。

### 5.3.6 設定の読み込み / Load Settings

このアイテムは以前に保存された設定をロードします。  
MicroSpotMonitor設定ファイルは、ファイル拡張子.ptx を使用します。

### 5.3.7 設定の保存 / Save Settings

現在の測定設定を保存することができます。

### 5.3.8 プロトコル / Protocol

測定結果をリアルタイムで直接テキストファイルに書き込むことができます。

保存される情報は以下のとおりです。

- ・ 測定日時
- ・ ビーム位置と半径 (86%と2次モーメントに基づく)

セグメントをログファイルに書き込むには[Write / 書き込み] チェックボックスをオンにする必要があります。次にファイル名をテキストボックスに直接入力するか、標準の [Browse / 参照] ボタンを使用して選択します。データベースへの書き込み機能は、現在開発中です(2012年現在)。

### 5.3.9 印刷 / Print

[印刷 / Print] からプリンタを選択できます。ここから現在のウィンドウを印刷できます。 [印刷設定 / Print Settings] を使用してフォーマット設定を変更できます。

### 5.3.10 印刷プレビュー / Print Preview

印刷前にプレビュー画面を表示させて、確認することができます。

### 5.3.11 最後に開いたファイル / Last Opened File

最近開いたファイルをもう一度開きます。

### 5.3.12 終了 / Exit

プログラムを終了します。

## 5.4 編集 / Edit

### 5.4.1 コピー / Copy

グラフィックを他のプログラムに直接エクスポートします。現在のウィンドウがWindowsのクリップボードにコピーされます。

### 5.4.2 平面の削除 / Delete Plane

現在ツールバーで選択されている測定記録の作業平面の内容を削除します。

### 5.4.3 全平面の削除 / Delete All Planes

現在ツールバーで選択されている測定記録のすべての作業平面の内容を削除します。

## 5.5 通信 / Communication

### 5.5.1 デバイス スキャン / Device Scan

レーザ解析ソフトウェア (LDS:LaserDiagnoseSoftware) の起動後に新しいデバイスがPRIMES社のバスに接続された場合、LDSで新しいデバイススキャンを開始する必要があります。このメニュー項目でデバイスのスキャンを開始します。

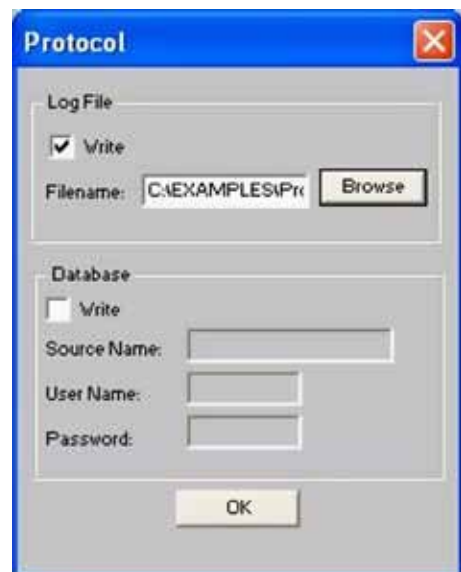


図5.24 メニュー項目 プロトコル / Protocol

## 5.5.2 フリーコミュニケーション

PRIMESバス上の通信を確認するには、メニュー項目 Free Communicationを使用します。本マニュアルの3.1項および3.2.4項の説明に従って設定を入力することもできます。詳しい説明は7.2項をご参照ください。

## 5.5.3 検索された装置のリスト

PRIMESバス上のすべての装置はそれ自体のバスアドレスを持ちます。装置をレーザ解析ソフトウェア (LDS: LaserDiagnoseSoftware) と共に使用する場合は、そのバスアドレスがここに表示される必要があります。

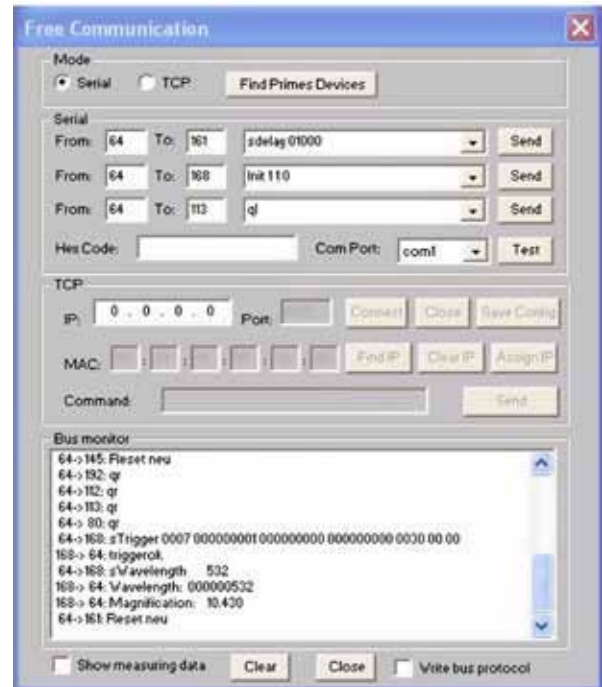



図5.25 フリーコミュニケーション/Free Communication



## 5.6 LaserDiagnoseSoftwareを制御するためのスクリプト

### 5.6.1 編集 / Editor

スクリプトジェネレータは、複雑な測定プロセスの制御を自動化するのに便利です。詳細なプログラミングガイドは開発中です(2012年現在)。図5.26は例です。

スクリプトファイルを開くには、[開く/Open]ボタンをクリックしてファイルを選択します。

 ボタンをクリックしてスクリプトを実行します。

 ボタンを押すとスクリプトが停止し、 ボタンを押すとスクリプトが閉じます。

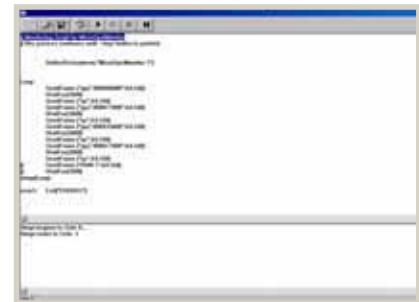


図5.26 スクリプトエディタ  
Script Editor

### 5.6.2 スクリプトのリスト表示 / List

既存のスクリプトはすべてここにリスト表示されています。



図5.27 スクリプトのリスト  
List of Scripts



## 6. 重要なプログラム機能の概要

### 6.1 メニューツリー

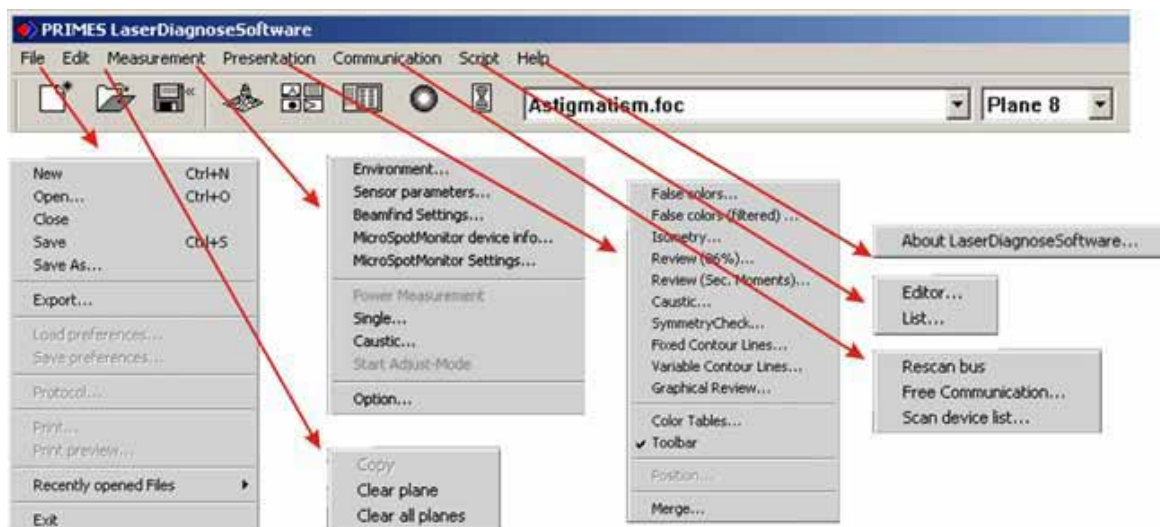


図6.1 メニュー構造

#### ファイル / File

New	測定データ用の新規ファイルを作成
Open	拡張子が .foc または .mdf の測定記録ファイルを開く
Close	ツールバーで現在選択されているファイルを閉じる
Save	現在のファイルを保存
Save As	ツールバーで現在選択されているファイルを特定の形式で保存
Load Settings	リロードできるのは、拡張子が .foc または .mdf のファイルのみ
Save Settings	以前に保存した設定ファイル (* .ptx) を読み込む
Export	現在のプログラム設定を設定ファイルに保存
Protocol	拡張子が .ptx のファイルのみをリロード可能
Print	拡張子 .pkl (プロトコル) またはMicrosoft®Excelシートを使用して、
Print Preview	結果をタブ区切りファイルに保存
Exit	測定結果を直接ファイルに書き出す
	標準のWindows®印刷オプション
	印刷物がどのように見えるかを示す
	プログラムを終了

#### 編集 / Edit

Copy	現在のウィンドウをクリップボードにコピーする
Delete Plane	現在ツールバーで選択されている平面からデータを削除
Delete All Planes	ツールバーで現在選択されている記録ファイルのすべての面からデータを削除

#### 測定 / Measurement

Environment	いくつかのシステム値を入力可能
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ レーザパワーの参照値</li> <li>・ 集光光学系の焦点距離</li> <li>・ z軸オフセット</li> <li>・ 回転座標</li> <li>・ 波長</li> <li>・ コメント</li> </ul>
Sensor Parameter	以下の装置パラメータ設定を入力可能



- ・ 空間分解能
- ・ z方向の動きの機械的な限界
- ・ バス上の測定装置の選択
- ・ z軸の手動調整

MicroSpotMonitor	
Device Info	マイクロ スポット モニタのアクティブ機能のレビュー
MicroSpotMonitor Settings	MicroSpotMonitorの特別な設定を入力可能 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ フィルタホイール</li> <li>・ トリガモード</li> <li>・ トリガレベル</li> <li>・ 積分時間</li> <li>・ 波長</li> </ul>
Single Measurement	シングル測定を実行し、モニタリングモードまたはビデオモードを開始するために使用される
Caustic	コースティック測定を開始するために使用される 自動と手動の両方の連続測定が可能 自動測定はビーム検索から開始し、自動的に完全測定を完了する 入力しなければならないのはz範囲と必要な測定面の数のみ

## 表示 / Display

Pseudo Color	空間パワー密度分布の疑似カラー表示
Pseudo Color (Filtered)	スプライン関数を適用した空間パワー密度分布の疑似カラー表示
Isometric	空間パワー密度分布の等角3D表示
Review (86%)	86%のビーム半径の定義に基づく異なる平面の数値結果
Review (2nd Moment)	ビーム半径定義の二次モーメントに基づく異なる平面の数値結果
Caustic	ビーム伝搬係数、焦点位置、焦点半径など、計算された補正曲線の パラメータと共にコースティック測定の結果
Symmetry Check	特にレーザ共振器の校正のために、ビームの対称性を確認するための 解析ツール。デバイスの標準機能ではない。
Fixed Contour Lines	6つの固定パワーレベルでの空間パワー密度分布の等高線の表示
Variable Contour Lines	空間パワー密度分布の可変等高線表示
Graphical Review	各種グラフの選択と表示
Color Tables...	回折現象など、詳細分析用のさまざまなカラーテーブル(表)
Toolbar	ツールバーの表示 / 非表示
Position	装置を特定の位置に移動
Merge	2つの測定結果を統合

## 通信 / Communication

Recan Bus	PRIMES社のバスに接続されている装置をスキャン
Free Frame	PRIMES社のバス上の通信状態の表示
Found Devices List	PRIMES社のバス上で見つかった個々の装置のリスト

## スクリプト / Script

Editor	スクリプトエディタを開く - 自動制御スクリプトを書くためのツール
List	既存のスクリプトの一覧を表示

## 6.2 ツールバー

ツールバーに表示されているアイコンをクリックすると、さまざまなソフトウェアメニューを直接開くことができます。



- 1- 新規のデータファイルを作成
- 2- 既存のデータファイルを開く
- 3- データファイルを保存
- 4- 選択したデータファイルの等角表示
- 5- 可変等高線表示を開く
- 6- 2次モーメントの表示を開く
- 7- 疑似カラー画面を開く
- 8- コースティック画面を開く
- 9- 開いているすべてのデータファイルのリスト
- 10- 利用可能な平面のリスト
- 11- バス上で使用可能なデバイスのリスト  
それぞれ異なる記号で表示されている

すべての測定結果はツールバーで選択されたファイルに書き込まれます。  
選択したファイルのデータだけを表示可能です。  
ファイルを開いたら、ツールバーではっきりと選択する必要があります。

ツールバーで選択した装置だけが測定可能です。

### 6.3 測定設定/Measurement Settings 測定-シングル測定 / Measurement - Single Measurement

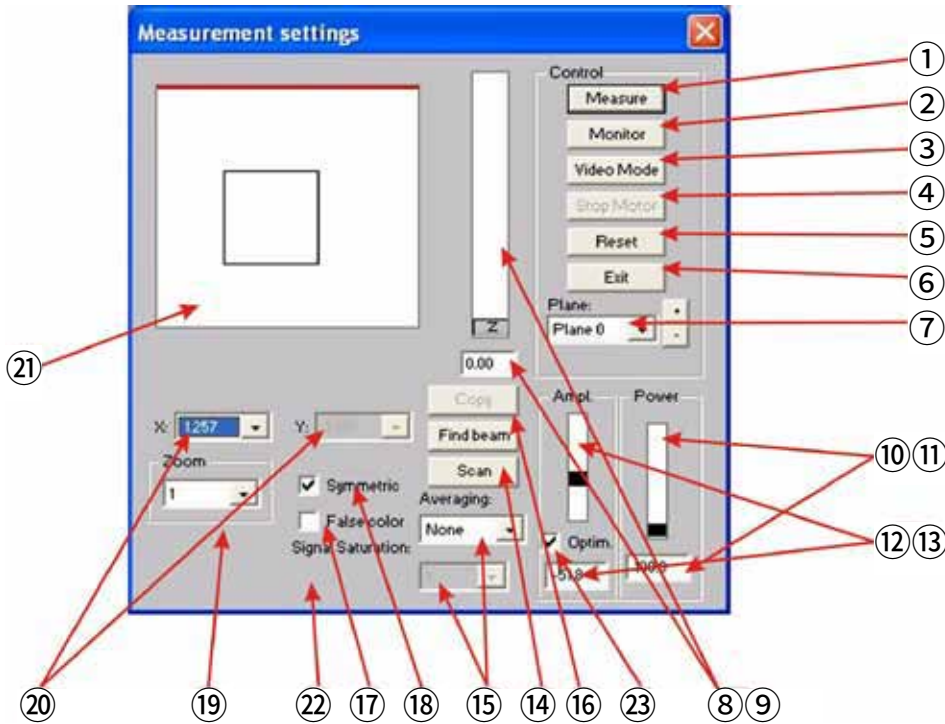


図6.2 測定-シングル測定 (測定設定 / Measurement Settings)

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1 - Measure            | 現在選択されている平面で測定開始  |
| 2 - Monitor            | モニタリングモードを開始 - 選択された平面での測定の自動繰り返し   |
| 3 - Video Mode         | ビデオモードを開始 イーサネット接続でのみ機能   |
| 4 - Stop               | 測定を中止 FocusMonitorとBeamMonitorでのみ利用可能   |
| 5 - Reset              | 測定装置をリセット   |
| 6 - Exit               | ウィンドウを閉じる   |
| 7 - Plane              | 測定面 (0~19)をはっきりと、またはプレーン切り替えにより選択   |
| 8,9 - Z-Position       | スライドコントロールを使用するか数値を入力して、Z位置を設定<br>統合されたZ軸が無効になっているとき、位置はここに入力される                    |
| 10,11 - Power          | スライドコントロールまたは数値を入力して、パワーレベルを設定  |
| 12,13 - Amplification  | CCDの積分時間の設定   |
| 14 - Scan              | MicroSpotMonitorを使用して自動ビーム検索を実行<br>このアルゴリズムは、固定されたz位置で機能し、<br>指定された測定ウィンドウの範囲内でのみ検索 |
| 15 - Averaging         | 選択可能な数 (1~10) の個々の測定値にわたる平均<br>異なる平均化アルゴリズムには、平均、最大ピクセル値、最大トレース値が含まれる               |
| 16 - Copy              | 前の平面から現在の平面に設定をコピー  |
| 17 - Pseudo Color      | カラー表示と白黒表示を切り替え (86%平面)。<br>この場合、疑似カラー表示は自動スケーリングを使用                                |
| 18 - Symmetric         | システムが2次測定領域(サイズがxだけで調整可能なウィンドウ)を使用するように強制<br>非2次ウィンドウは、xエントリとyエントリを使用して設定           |
| 19 - Zoom              | 測定ウィンドウのサイズをさまざまな倍率で選択して、測定ウィンドウの位置を調整するために使用                                       |
| 20 - Window Size       | x方向とy方向のウィンドウサイズを調整するためのメニュー  |
| 21 - Display Area      | 四角は現在の測定ウィンドウを示す  |
| 22 - Signal Saturation | 信号飽和レベルを表示<br>信号が4095 ADCに達するとスポットは赤になる   |
| 23 - Optimize          | CCD積分時間の自動最適化 (12、13)   |



## 6.4 測定-センサのパラメータ / Measurement - Sensor Paramters

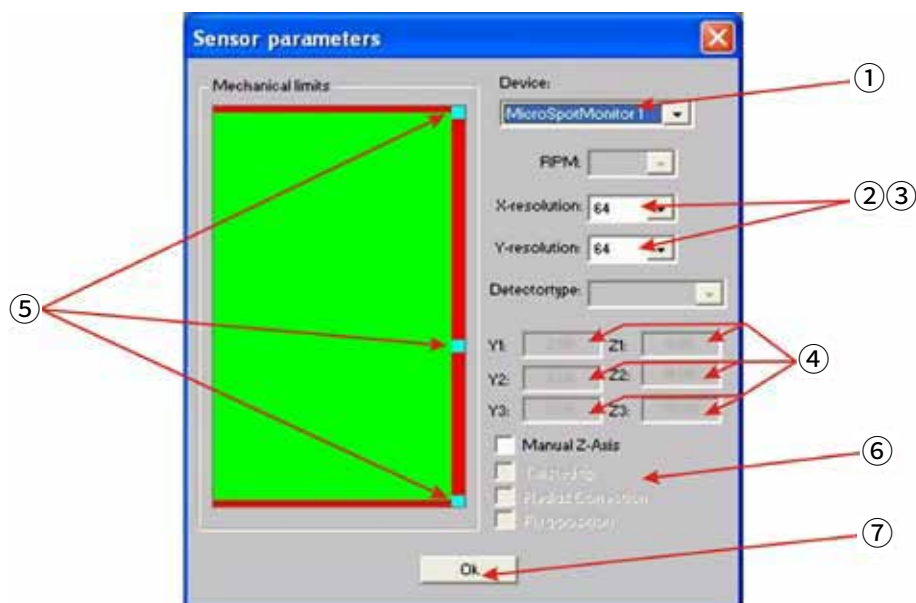
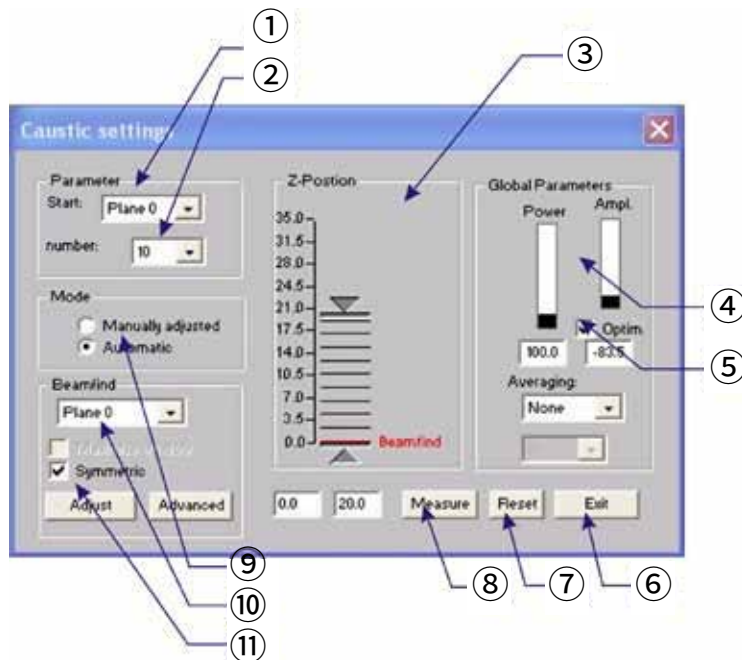


図6.3 測定-センサのパラメータ

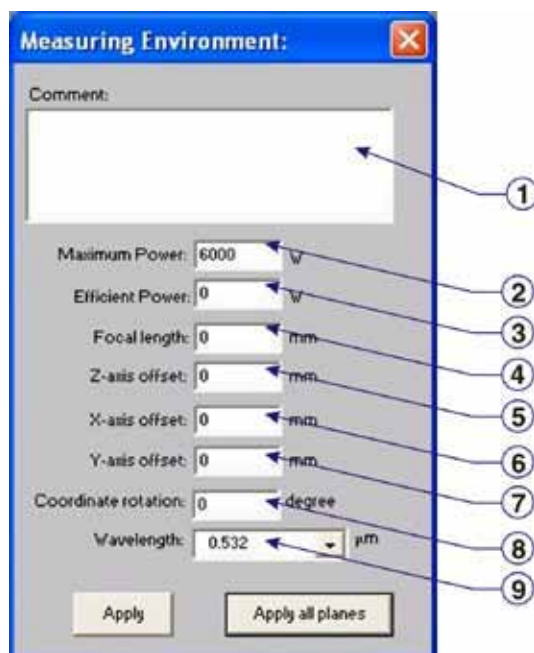
- 1 - Device** PRIMES社のバスに接続されているさまざまなデバイス (MicroSpotMonitor、FocusMonitor、BeamMonitor) を選択。
- 2,3 - Resolution** x方向とy方向の測定ポイント数：  
x方向 (1トレースあたりの測定ポイント数：32、64、128、256)  
y方向 (トレース数：32、64、128、256)
- 4 - Motion Limits** z軸上の機械的な動きを制限する制限領域のオフセットポイント。  
選択されたポイントは互いに直線的に接続されている。  
数値入力は不可。
- 5 - Corner Points** マウスでドラッグして調整。  
ここでは、zはキャリッジ(FocusMonitor、BeamMonitor、BeamScanner)の垂直方向、yは水平方向。
- 6 - Manual Z-Axis** シングル測定ウィンドウ内のz軸設定をデバイスモータから切断。
- 7 - OK** ウィンドウを閉じる。開いたウィンドウは常に前面に残る。

## 6.5 測定-コースティック設定 / Measurement - Caustic Settings



- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1 - Start             | 最初のデータが保存される平面         |
| 2 - Number            | 含める平面の数 (1~20)         |
| 3 - Z-Position        | マウスまたは数値入力を使用してz位置を設定  |
| 4 - Global Parameters | グローバル値 : パワー、アンプ、平均化   |
| 5 - Optimize          | CCD積分時間の自動制御           |
| 6 - Exit              | ウィンドウを閉じる              |
| 7 - Reset             | デバイスのリセット              |
| 8 - Measurement       | 測定開始                   |
| 9 - Mode              | 測定モードの選択 - 手動または自動     |
| 10 - Beam Find        | ビーム検索の開始面を選択           |
| 11 - Symmetric        | 二次 (正方形) 測定ウィンドウの使用を強制 |

## 6.6 測定 - 環境 / Measurement - Environment



- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>1 - Comments</b>            | コメント用テキストフィールド                 |
| <b>2 - Maximum Power</b>       | 最大測定パワー(スケール)                  |
| <b>3 - Current Power</b>       | 現行の測定のためのパワー設定                 |
| <b>4 - Focal Length</b>        | 集光光学系の焦点距離                     |
| <b>5 - Z-Axis Offset</b>       | Z軸オフセット (単位mm)                 |
| <b>6 - X-Axis Offset</b>       | X軸オフセット (単位mm)                 |
| <b>7 - Y-Axis Offset</b>       | Y軸オフセット (単位mm)                 |
| <b>8 - Coordinate Rotation</b> | 回転度                            |
| <b>9 - Wavelength</b>          | 波長 (M <sup>2</sup> を正しく計算するため) |



## 7. 通信 / Communication

このメニュー項目は、コンピュータと測定システムが物理的に接続された後にそれらの間の通信を確認するために使用されます (3.2、4.2、7.2項を参照)。

### 7.1 インターフェースのテスト

プログラムがコンピュータ上で起動されると、インターフェースが最初にテストされます。

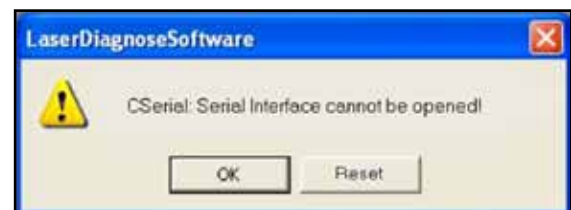
#### 想定されるエラーメッセージ



#### 対策

- ・装置の配線を確認してください。
- ・システムがRS232-RS485変換器を介してバスに接続されている場合、通常は電力不足が原因です。通信は、バスにDC 24Vが供給されている場合にものみ可能です。
- ・装置の電源をオン/オフします。

#### 想定されるエラーメッセージ



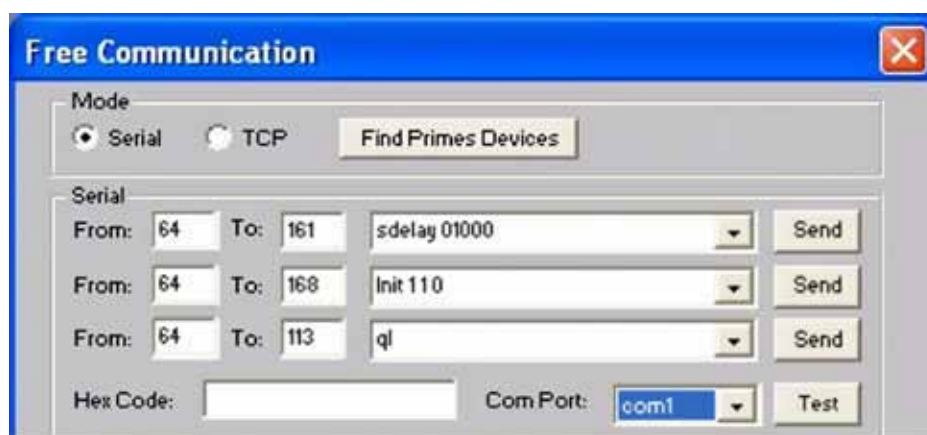
#### 対策

他のプログラム、たとえばファックスソフトウェアがそのインターフェースを使用していないか確認してください。シリアルポートは1つのプログラムでしか使用できません。

プログラムが正しいポートを開いているか確認してください。プログラムを起動した後、メニュー項目 [ 通信 - フリーコミュニケーション / Communication - Free Communication ] で使用可能なインターフェースを変更することができます。ここではプログラムで使用可能なすべてのインターフェースが表示されます。

これらの設定は、レーザ解析ソフトウェア (LDS: LaserDiasnoseSoftware) のインストールインデックスのファイル [ laserds.ini ] に保存できます。例は本マニュアルの付記に掲載してあります。

希望の標準チャンネルはCom Portリストボックスから選択できます。



## 7.2 デバイスとの通信

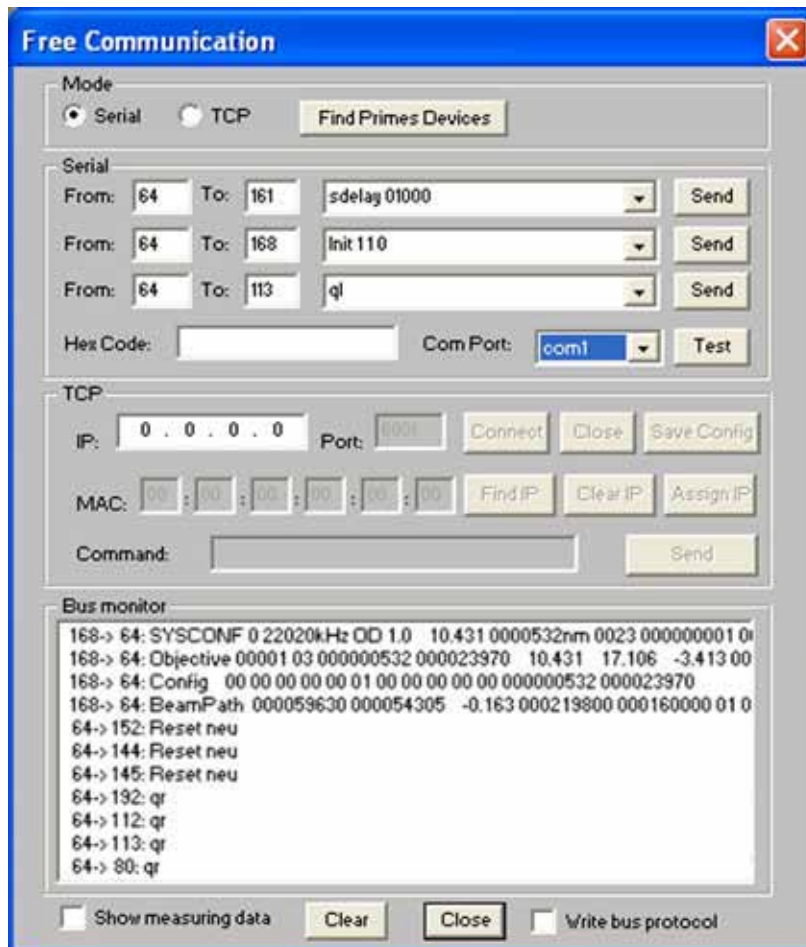


図7.1 フリーコミュニケーション

通信テストは、PCとオペレーティングプログラム間で行われます。テストの一環として、特定のコマンドがすべてのデバイスに送信されます。次の表に示すようにデバイスが応答した場合、通信はエラーフリーです。

PCから命令を送信するには、PRIMESプログラムを起動し、メニュー項目 [通信/Communication - データ送信/Data Send] を選択します。新しいウィンドウが表示されます。送信者アドレスをFROMフィールドに、受信者アドレスをTOフィールドに、命令をTEXTフィールドに右側に入力します。「送信/Send」ボタンをクリックして指示を送信します。デバイスの応答が後続のウィンドウに表示されます。

Device:	From:	To:	Instruction	Reply
<b>MicroSpotMonitor</b>	64	168	qr	aIDMicroSpotMonitor
FocusMonitor	64	161	qr	aID FocusMonitor
BeamMonitor	64	144./145	qr	aID BeamMonitor
PowerMonitor	64	112./113	qr	ready Power Monitor

応答がない場合、アドレス指定されたデバイスは正しく機能していません。  
この場合、以下のように対処ください。

- 24V電源をオン/オフします。その後、新しい指示をデバイスに送信してください
- デバイス間のケーブル接続を確認してください。  
すべてのコネクタが差し込まれて固定されていますか？
- デバイスがPRIMUSバスをブロックしている可能性があります。  
必要に応じて、電源を切った後に故障したデバイスを取り外してください。  
システムの残りの部分を使い続けてください。
- PCがバスをブロックしている可能性があります。  
これは、インターフェイスコンバータの赤いLEDが常時点灯している場合に明らかです。  
(RTS : Ready to Send - 送信準備完了信号)

## テスト

通信 / **Communication** メニューの **Test** ボタンで、送信信号からエコーが検出されたかどうかを確認します。  
モデムが接続されている場合と同様に、PRIMESバスが接続されているときにエコーが生成されます。

エコーがない場合は、「エコーを受信していません/**No echo received.**」というエラーメッセージが表示されます。





## 8. メンテナンスとトラブルシューティング

### 8.1 メンテナンス

通常の動作条件下では、マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor)はメンテナンスフリーで動作します。測定対物レンズの最初のレンズだけが各測定の前にクリーニングされているかどうかご確認ください。



光学部品が汚れないようにするため、  
ケースはほこりのない場所でのみ開くようにしてください。

### 8.2 測定中のエラー

データ転送中にエラーが発生した場合、測定システムのプロセッサが故障したか、プログラムの実行中にエラーが発生しました。レーザ解析ソフトウェア LaserDiagnoseSoftwareの [リセットボタン / **Reset**] でシステムを再起動してみてください。それでも解決しない場合は、バスシステムの24V電源を一度オフにしてからもう一度 [リセットサイクル / **Reset Cycle**] を開始します。  
必要に応じて、コンピュータを再起動します。

### 8.3 MicroSpotMonitorに測定信号がない場合

マイクロスポットモニタで通常270~300カウントのノイズを除いて測定信号が検出されない場合、デバイスの位置を再確認します。(実際のカウント数はメニュー項目 [表示 / Display - 可変等高線 / Variable Contour Lines] で読み取り可能です。) 適切な場合は、調整対物レンズを接続すると便利です。誤った配置に加えて、減衰が大きすぎると同じ問題が発生する可能性があります。

### 8.4 フォルスバックグラウンド

CCDウィンドウの製造上の制限により、CCDチップに干渉が発生する可能性があります。しかしながら、これは非常に低い強度の測定中にのみ明らかになり、計算されたビームパラメータに影響を及ぼすことはありません。



## 9. 付記

### 9.1 仕様

#### 9.1.1 寸法

マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) の寸法 (35 mm z軸) は次のとおりです。

幅: 202 mm

高さ: 219 mm

奥行き: 429 mm (コネクタ含む)

#### 9.1.2 測定レンジ

最大パワー密度:	10 GW / cm <sup>2</sup>
最大平均パワー:	250 W
パルス デュレーション:	100 ps (連続波)
測定可能なビーム形状:	2 – 4000 μm
波長レンジ:	355 – 1064 nm
動作範囲xおよびy方向:	15 mm (初期設定のリミットは2 mm。)
動作範囲z方向:	35 mm (オプションでよりワイドレンジ可能。)

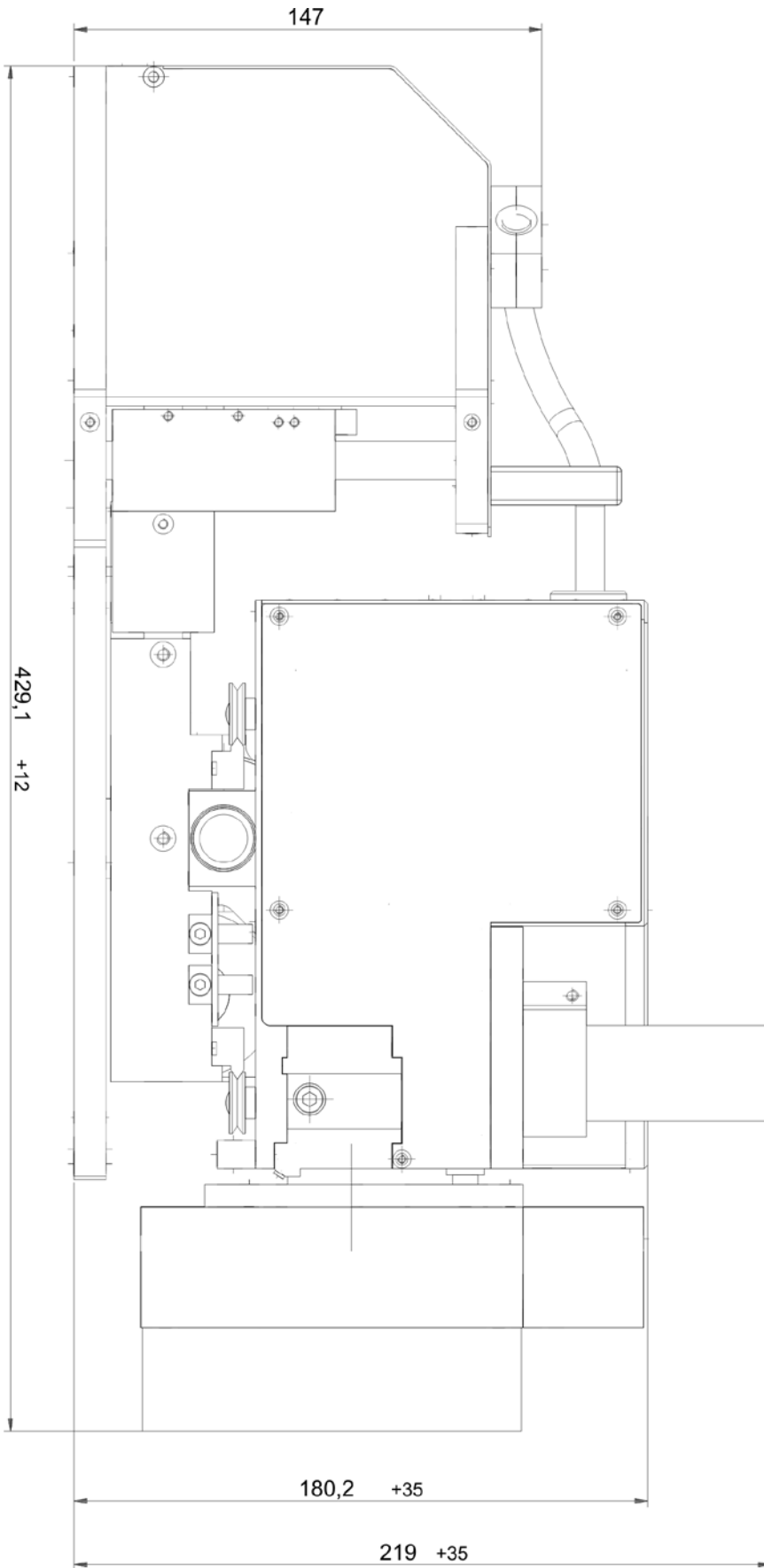
#### 9.1.3 電源

電源は220Vおよび110Vの供給電圧用に設計されており、24V DCを生成します。PRIMES電源なしの外部電源では、電圧は24V±5%になります。DC 24Vは、ミニD-Subバスコネクタを通して供給されます。MicroSpotMonitorは約1.5Aの電流を消費します。

#### 9.1.4 ミニD-SubコネクタのRS485ピンアサイン

グラウンド:	ピン1 および ピン6
データ (+/-):	ピン2 および ピン7
DC 24V:	ピン3 および ピン8
トリガ (+/-):	ピン4 および ピン9
割り当てなし:	ピン5

### 9.1.5 マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor)



寸法単位 (mm)



## 9.2 “laserds.ini”ファイル (例)

```
[Version]
No.=17

[Window]
left=10
top=10
right=1183
bottom=948

[Comm]
Data_Transfer_Mode=0
Port=
HighBaudrate=1
Rescan=161,168,152,144,145,
192,112,113,80

[Ethernet]
IP=0.0.0.0
Port=6001
MAC Address=00-00-00-00-00-00
[Device]
Type=
ID=-1

[Address]
Own=6

[Private]
Mode=0

Flag1=1111
Flag2=0
Flag3=0
[File]
Default=

[Laser]
Wavelength=0.01060000
Revolution per minute=0
Camera chip=0
Laser performance=6000.00000000
Brennweite=127.00000000
Beam search threshold=150
Beam search Trigger for Pyro=150
Beam search Trigger für Photo=50
Beam search percent=35
Radio available=1
Detector type=1
Blocking-state region
Y0=8.00000000
...
Autoscaleon=1

External Z-Axis=0
Tip twisted=0

[Detectorparameter]
Detector 0 Tau1=10
Detector 0 Scale1=-0.1
Detector 0 Tau2=3500
Detector 0 Scale2=0.1
Detector 0 Tau3=0
Detector 0 Scale3=0
Detector 0 Name=Pyro-FM-1
Detector 1 Tau1=0
...

[TriggerModi]
TriggerMode 0=permanent-Trigger
TriggerMode 1=Trigger with Delay
and the following pulse length.
...

[Interface]
Startup=0
[Script]
Start-up data=
[Output]
Out0=Port 0
Out1=Port 1
...

[Input]
In0=Port 0
In1=Port 1
In2=Port 2
...

[Multimon]
Rescan=32,33,128
Radius=1.

[
FuellMin=0.25
FuellMax=0.4
FuellSoll=0.35
[YAG-Camera]
Trigger-Mode=0
Trigger-Level=0
Trigger-Delay=0
Pulslength=1
CCD-Mode=30

[Export]
```

laserds.iniファイルの内容は左側に表示されています。下記のようなシステムのスタートアップ設定に関する情報がいくつか得られます。

- デフォルトのシリアルインタフェース
- 検索のしきい値や空間分解能など、ビーム検索のためのデフォルト設定。
- 閾値や空間分解能など、ビーム検索のデフォルト設定。

設定はWindows® **エディタ**で変更できます。laserds.iniファイルを変更する前に、レーザ解析ソフトウェアLDS (LaserDiagnoseSoftware) を閉じてください。それ以外の場合、変更は有効にならず、プログラムを閉じるとリセットされます。

## 9.3 SPSインターフェース

レーザのSPS制御との通信は、SPSインターフェースを使用して可能です。焦点位置または焦点半径が著しく変化した場合は、警告メッセージまたは補正信号をレーザ/システムコントロールに送信できます。

処理システムから自動的に測定を開始することも可能です。また、異なる測定による装置またはレーザパラメータの変更、例えば異なるレーザ出力での焦点測定を自動化することができます。

PRIMES社では、16入力16チャンネルのSPSインターフェースを提供しています。無電圧接続用の入力には、CNY17対応のフォトカプラが使用されています。

## 9.4 光学部品

序文で述べたように、マイクロスポットモニタ (MicroSpotMonitor) はカメラベースの測定システムです。アプリケーションに応じて、最大7つの異なる光学部品を光路に設置することができます。個々のコンポーネントの目的と機能は、次のセクションで説明されています。

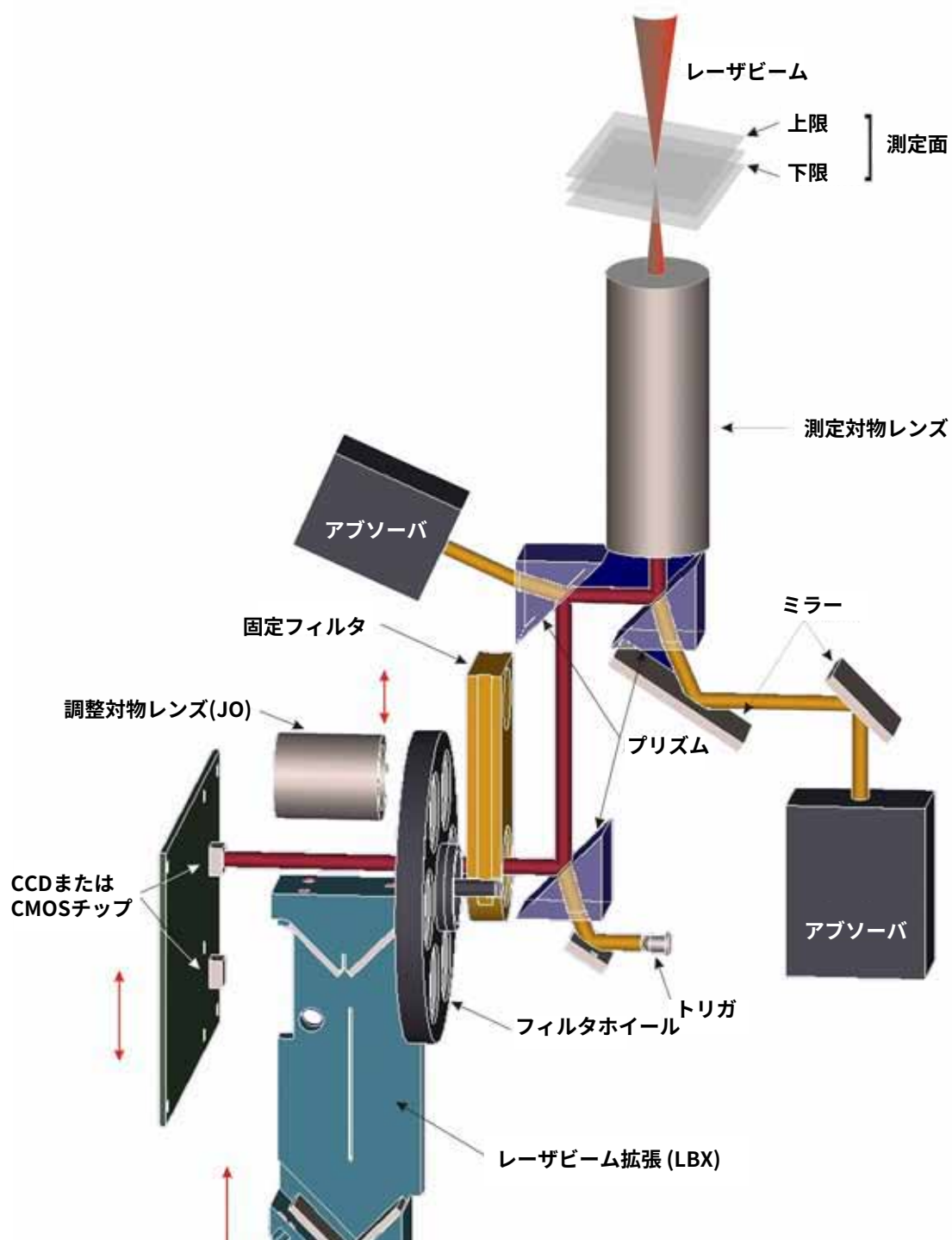


図9.1 マイクロスポットモニタの光学構造

### 9.4.1 測定対物レンズ

測定対物レンズは、対物レンズの「上」にある特定の平面をCCDまたはCMOSチップ上に再生するように設計されたレンズシステムです。この場合の「上」とは、その平面がマイクロスポットモニタ (MicroSpot-Monitor) の外側にあることを意味します。この非接触方法は、非常にハイパワー密度 (GW/cm<sup>2</sup>) を検出することができるという利点を有します。対物レンズはビームを拡大し、カメラチップ上で十分な解像度で再現することを可能にします。

図9.2に対物レンズの図を示します。すべての重要な特性はラベル付けされています。

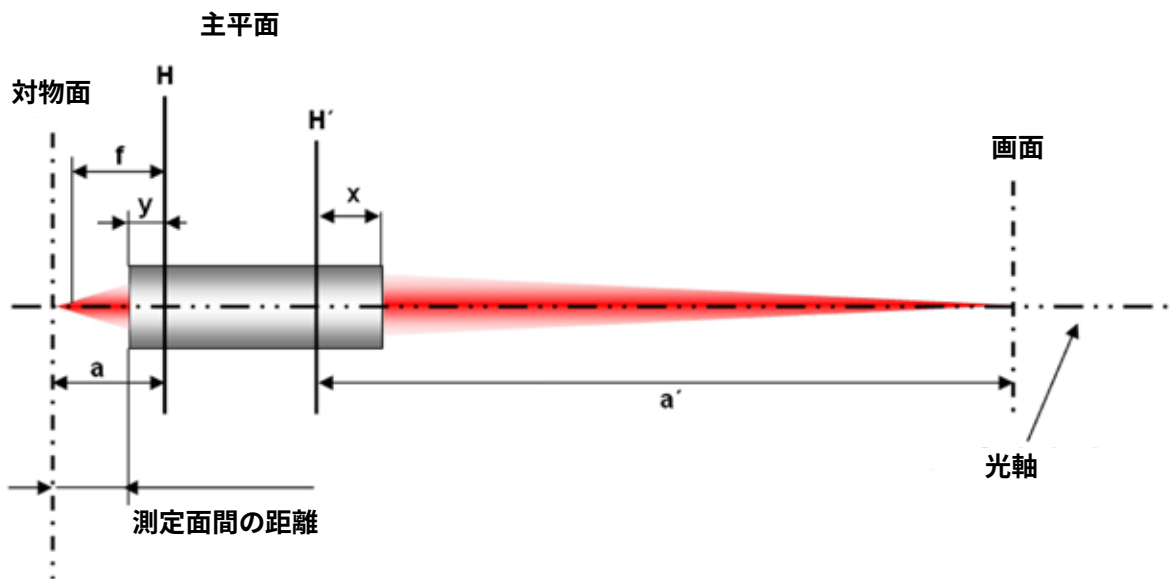


図9.2 対物レンズを使った特定の平面図

対物レンズまたは像領域の主平面 (H) および (H') は、多くの光学部品を1つのユニットに組み合わせるのに役立ちます。焦点距離 (f)、オフセット距離 (a)、および像距離 (a') は、主平面と光軸 (基点) の交点から測定されます。

ユーザにとって、x、y、測定面との距離は重要です。より高い精度で光学系をそれらのフレーム内に設置することを可能にします。

対物レンズの投影は、次の式で決まります。

方程式 9 
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

焦点距離 (f) は波長に依存し、その結果、像距離 (a') は対物距離 (a) に依存します。



対物レンズの倍率は、(a) と (a') の比によって決まります。

$$\text{方程式 10} \quad \beta = \frac{a'}{a}$$

2つの式を組み合わせることで、倍率は像距離 (a') と焦点距離 (f) に依存します。焦点距離は測定対物レンズを選択することによって決定され、像距離は測定装置の構成によって決定されます。

測定対物レンズの選択は、測定ビームの形状とビームパラメータによって異なります。CCDチップのセンサ面積は約4.75 x 4.75mm<sup>2</sup>でありCMOSチップは8.1x8.1です。

ISO規格11146に準拠して、測定は最小4レイリー長にわたって行われるべきです。レイリー長6の方がより良いです。

以下の式によれば、センサ領域は、予想される焦点直径よりも少なくとも5倍大きくなければなりません。

$$\text{方程式 11} \quad r_{\sigma(z)} = r_{\sigma 0} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_{Ray}}\right)^2}$$

対物レンズが選択されると、マイクロスポットモニタ(MSM: MicroSpotMonitor) は取り付けられた対物レンズの電子コーディングを読み取り、利用可能な測定ウィンドウと一致させます。1:1の再現およびCCDチップ4.75 x 4.75mm<sup>2</sup>の最大ウィンドウサイズを考えると、10:1の再現は0.475 x 0.475mmに縮小することになります。許容位置を最小限に抑えるために、マイクロスポットモニタはx軸とy軸に移動します。これにより、15 x 15mmの範囲で測定面をテストすることができます。調整ツールを使用することで、マイクロスポットモニタは2 x 2 mmの領域で簡単に調整できます。したがって、通常の動作範囲はx軸とy軸で2mmに制限されています。

### マイクロスポットモニタ上に集光レーザービームを配置

方程式9に対物レンズの画像特性により、レーザービームの焦点を対物レンズの上の特定の範囲に配置する必要があります。方程式9によると、焦点が対物レンズの上に配置されているほど (a<sub>focus</sub>)、対物レンズの後方で焦点が近く再現されます(a'<sub>focus</sub>)。

#### • 上限

焦点が対物レンズよりも遠すぎると、光路の像側に焦点が合います。高いビーム強度と一緒にになると、内部の光学系を損傷する可能性があります。

#### • 測定面

焦点が測定面にある場合、カメラチップ上に再現されます。

#### • 下限

焦点が対物レンズに近すぎると、焦点合わせの方法やパワーによっては、入射レンズを損傷する可能性があります。

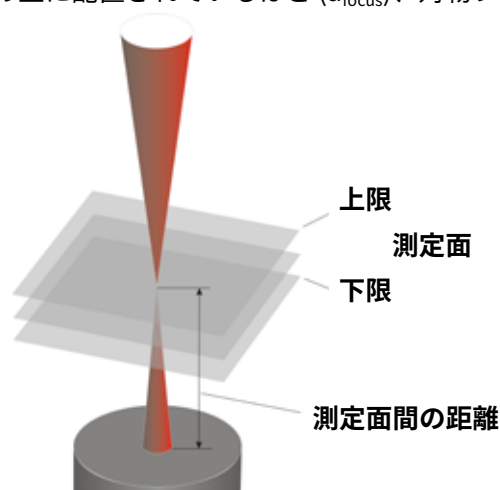


図9.3 マイクロスポットモニタ (MSM) 測定レンジ

最初の測定で焦点を合わせるべき範囲は、対物レンズの選択、波長、集光方法によって異なります。

## 9.4.2 プリズム

ビームは測定対物レンズを通過した後、3つのコーティングされていない石英プリズムを通過します。これらのプリズムはビーム強度を低下させます。

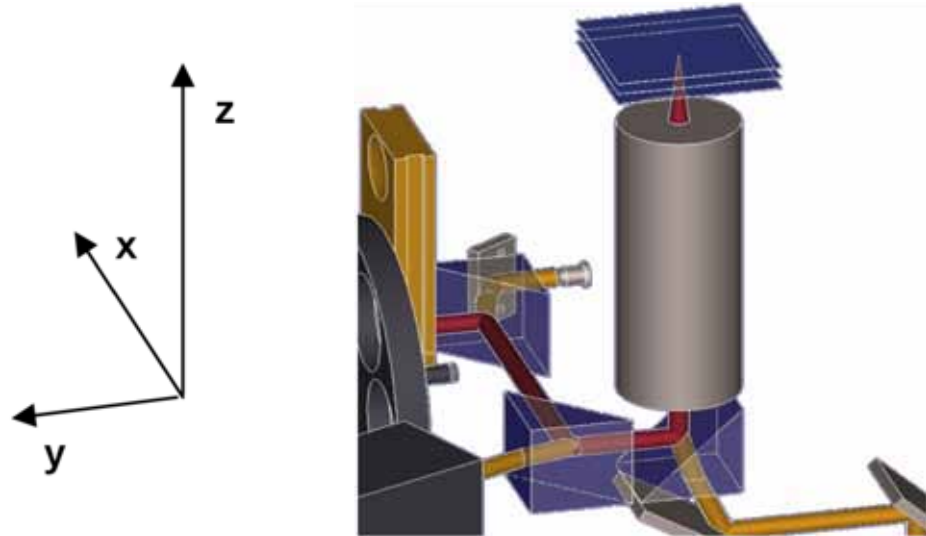


図9.4 マイクロスポットモニタの光路

反射はフレネルの式で表されます。  
表面境界における光の反射率および透過率を、またはいずれかを表します。

方程式 12

$$\rho_{\perp} = \frac{-(\sqrt{n_{rel}^2 - \sin^2(\alpha)} - \cos(\alpha))^2}{n_{rel}^2 - 1}$$

$\rho_{\perp}$ : 垂直偏光の反射率

方程式 13

$$\sigma_{\perp} = \frac{2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \sqrt{n_{rel}^2 - \sin^2(\alpha)} - 2 \cdot \cos^2(\alpha)}{n_{rel}^2 - 1}$$

$\sigma_{\perp}$ : 垂直偏光の透過率

方程式 14

$$\rho_{\parallel} = \frac{n_{rel}^2 \cdot \cos(\alpha) - \sqrt{n_{rel}^2 - \sin^2(\alpha)}}{n_{rel}^2 \cdot \cos(\alpha) + \sqrt{n_{rel}^2 - \sin^2(\alpha)}}$$

$\rho_{\parallel}$ : 平行偏光に対する反射率

方程式 15

$$\sigma_{\perp} = \frac{2 \cdot n_{rel} \cdot \cos(\alpha)}{n_{rel}^2 \cdot \cos(\alpha) + \sqrt{n_{rel}^2 - \sin(\alpha)^2}}$$

$\sigma_{\parallel}$  : 平行偏光の透過率

方程式 16を使って

$$n_{rel} = \frac{n_2}{n_1}$$

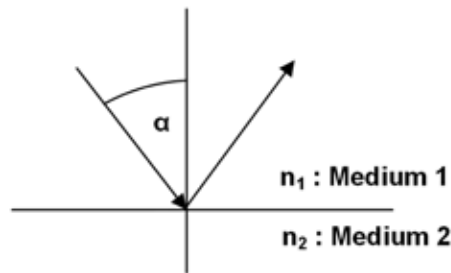


図9.5 表面境界でのビーム反射

遠近法の比率の2乗に関する反射係数および半透明係数（もしくはいずれか）

方程式 17

$$R_{[in\%]} = \rho^2 \cdot 100 ; T_{[in\%]} = \sigma^2 \cdot 100$$

これらの結果、下の図に示す曲線が得られます。

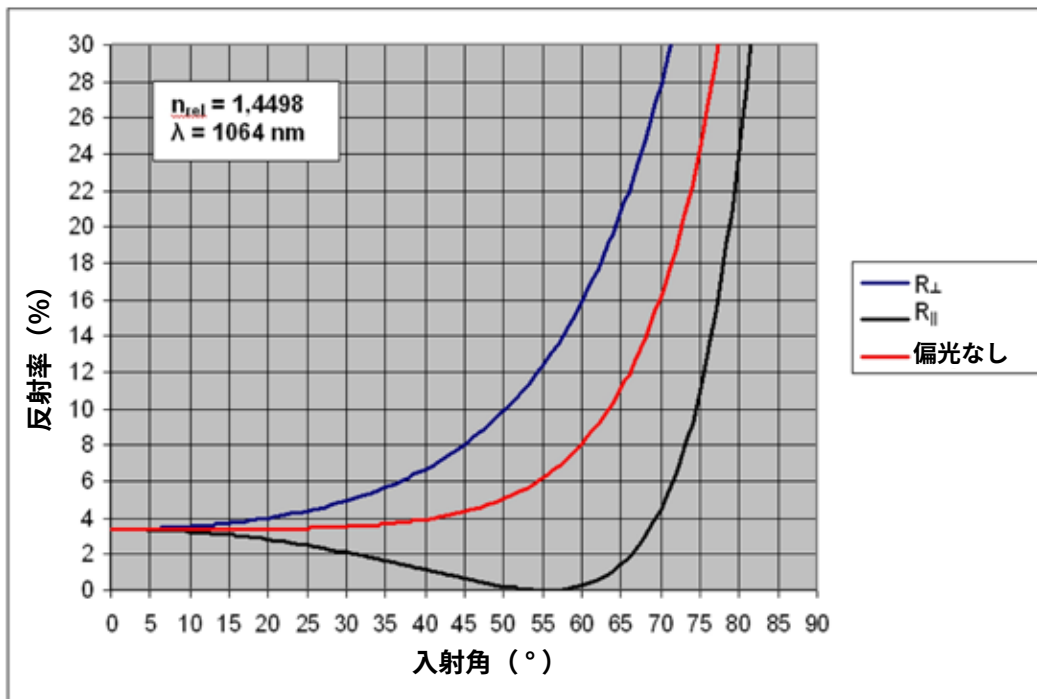


図9.6 入射角の関数としての反射

図中の曲線は1064nmの波長に対して計算されたものです。  
シリカの屈折率 (n) は波長に依存し、350～1064nmの波長帯で1.4498～1.4766まで変化します。

反射特性が偏光に依存することは明らかです。これは、入射角45°、つまりマイクロ スポット モニタ (MSM : MicroSpotMonitor) 内のビーム入射角にも当てはまります。

このため、プリズムはマイクロ スポット モニタ (MSM : MicroSpotMonitor) に統合され、3つの空間方向すべてにビームが方向転換されます (図9.8を参照)。このようにして、少なくとも2つのプリズムの入射角が常に互いに垂直で、偏光の影響を補正することを保証します。プリズムの弱体化はレーザビームの波長と偏光に依存します。

最良の場合、反射中に、レーザビームは $1.7 \cdot 10^{-4}$  (= 350nm ; ⊥ 偏光) の係数で弱められます。  
最悪の場合、 $6 \cdot 10^{-5}$  (= 1064 nm ; || 偏光) の係数で弱くなります。他のすべての波長 ( 350nm～1064nm) および偏光については、値はこの範囲内にあります。

この場合、補助プリズムを測定対物レンズの上に取り付けることができます。レーザビームはプリズムから、ミラーによってアブソーバに向けられます。詳細は9.4.6項および9.5項に記載されています。

### 9.4.3 フィルタ

挿入可能なカセットを使用して、任意のNDガラスを光路に挿入してビームをさらに弱めることができます。フィルタホイールは挿入可能なカセットの後方にあります。  
フィルタホイールには6つの位置があり、測定中はソフトウェアによって制御されます。

フィルタホイールには、OA値1～5のフィルタが5つ装備されています。6番目の位置は空のまま、レーザビームはフィルタを通さずに通過できます。NDガラスフィルタは、広波長帯域にわたってほぼ同じ半透明性を有します。減衰の程度は、ガラスの種類とフィルタの厚さによって異なります。しかし、NDフィルタの最大パワー密度は100mW/cm<sup>2</sup>なので、プリズムの代替えとして使用するのには適していません。  
マイクロ スポット モニタが対応できる最大平均パワーは250Wです。このパワーレンジで操作する場合、必ず測定対物レンズのアパチャを使用してください。

透過係数のパーセントから光学濃度(OD値) を計算するための公式：

方程式 18 
$$D = \log \left( \frac{100}{T_{[m\%]}} \right)$$

フィルタホイールは、レーザビームを10～10<sup>5</sup>倍まで減衰するように選択できます。両方のフィルタレベルを合わせると、200 dBのダイナミックレンジが得られます。

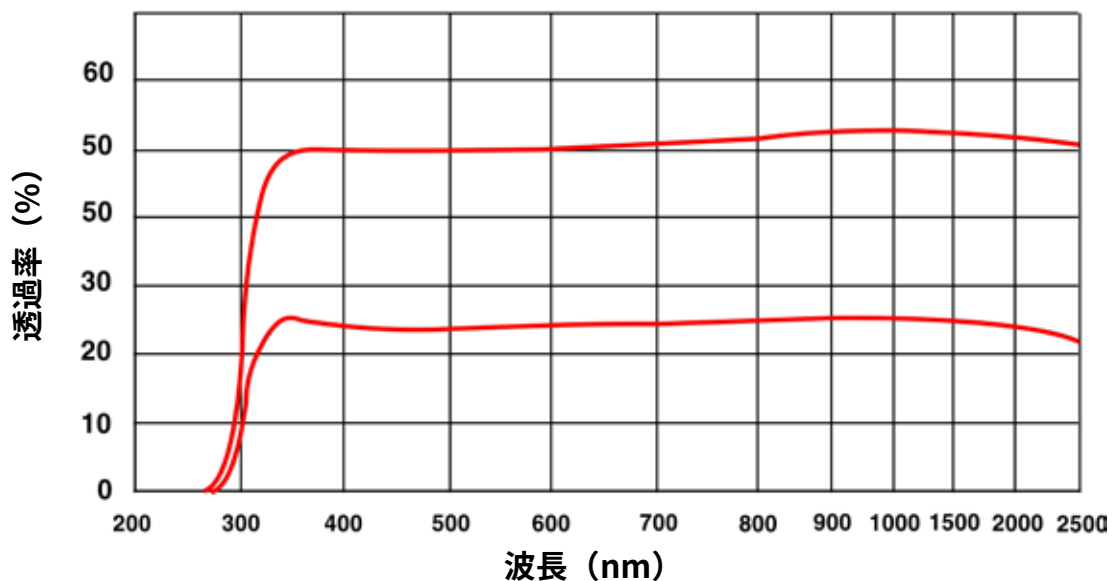


図9.7 中性ガラスフィルタの典型的な透過率曲線

#### 9.4.4 ビームパスエクステンダ (BPE)

ビームパスエクステンダ (BPE : Beam Path Extender) を使用すると、ユーザはシステム全体の倍率を調整できます。

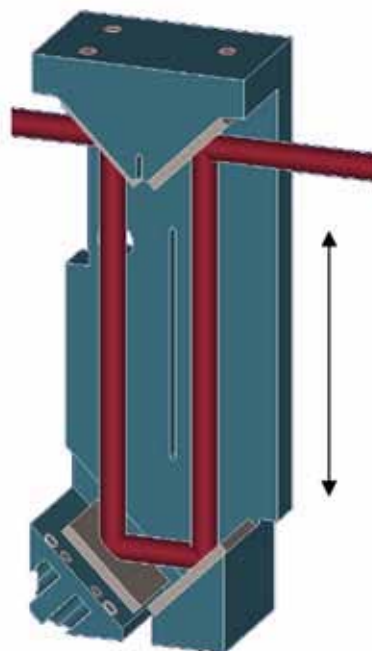


図9.8 ビームパスエクステンダ

図9.8 ビームパスエクステンダが4つのミラーで構成されていることを示しています。レバーを使うと、フィルタホイールのすぐ後ろの光路に挿入できます。

方程式9に示すように、測定対物レンズは像を拡大します。拡大率は測定対物レンズによって異なります(約1.5)。ビームパスエクステンダを使用してオブジェクトの幅を調整することが重要です。マイクロスポットモニタ (MSM : MicroSpotMonitor) のz軸位置はビームパスエクステンダを有効または無効にした後に調整する必要があります。

## 9.4.5 キャリブレーションレンズ

キャリブレーションレンズを使用すると、ビーム検索が簡単になります。キャリブレーションレンズは、ビームパスエクステンダとまったく同じように像側のビームパスに挿入される別のレンズです。波長と測定目的に応じて、2～3の縮小率が得られます。名前が示すように、縮小の結果として位置精度の必要性が少なくなるため、MicroSpotMonitorの校正に校正レンズが使用されます。作業平面の縮小画像は、カメラチップの有効領域の拡大率としても表示できます。利用可能なCCDチップのアクティブセンサー面は4.76 x 5.58 mm<sup>2</sup>、CMOSチップのアクティブ面は8.19 x 8.19 mm<sup>2</sup>です。10倍の測定対物レンズを使用することは、CCDチップを搭載したMicroSpotMonitorをxおよびy方向に0.5 mmの精度で配置する必要があることを意味します。キャリブレーションレンズを使用すると、この許容誤差を1.5 mmまで拡大できます。

## 9.4.6 アブソーバ

透過ビームパワーの99.8%以上が最初の2つのプリズムによってミラーシステムを通過してアブソーバに伝送されます。アブソーバは、ビームが一連の反射を通して完全に吸収される経路です。空冷式(平均パワー最大250W)と水冷式アブソーバの2種類が利用可能です。

## 9.5 トリガ ダイオード

センサを用いて、第3のプリズムの透過ビームがトリガ信号として使用されます。センサがトリガ信号を送信する閾値は、ユーザまたは自動で設定できます。この信号をソフトウェアで使用すると、パルスレーザビームの測定やディレイや露光時間を制御できます。

## 9.6 カメラチップ

### 9.6.1 CCD (電荷結合素子) センサ

CCDセンサにはさまざまな種類があります。それらは構造と読み込みルーチンが異なります。

- フルフレーム
- フレーム転送 (FT : Frame Transfer)
- インターライン転送 (IT : Interline Transfer)
- フレームインターライン 転送 (FIT : Frame Interline Transfer)

マイクロ スポット モニタ (MSM : MicroSpotMonitor)で使用されているバリエーションであるインターライン転送は業界で広く使用されており、露光時間を制御する機能を提供します。利用可能なCCDチップは4.6μmのピクセルオフセットと1024 x 1360のフォトアクティブピクセルを持っています。55 dBのダイナミックレンジは、露光時間制御を使用して130 dB以上に拡張されています。露光時間は12μsから181msの間で調整できます。

### 9.6.1.1 構造

図9.9にCCDチップの概略構成を示します。

- ① 個々のピクセルの露光:  
12 $\mu$ s -181 ms
- ② シフトレジスタへの転送：10 $\mu$ s
- ③ 出力レジスタへの転送：10 $\mu$ s  
(1200ラインの場合は12ms)
- ④ 出力レジスタを読み取る：  
1ラインあたり100  $\mu$ s (120 ms)

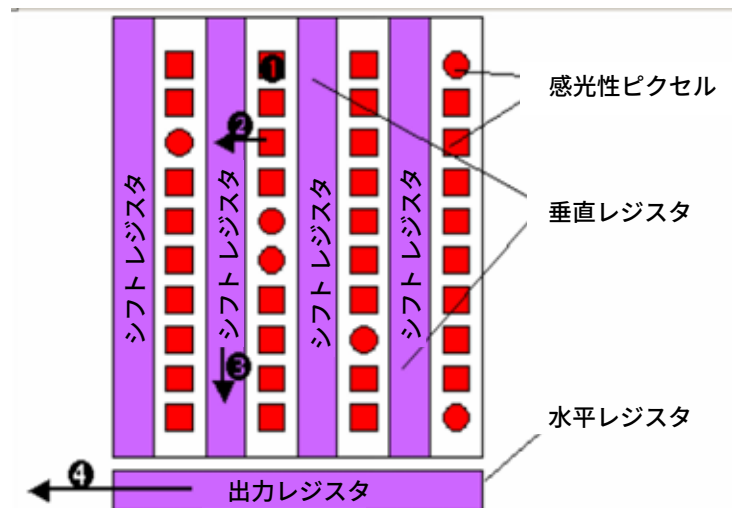


図9.9 インターライン転送CCDチップの構造

感光性画素は垂直レジスタによって囲まれています。フォト転送コマンドの間に、アクティブピクセルからのデータがシフトレジスタに転送されます。そのため、ピクセルオフセットが大きくなりすぎないように、垂直レジスタは実際には横にはありませんが、感光ピクセルの後ろにあります。

それらは感光性ではないのでシフトレジスタと呼ばれます。垂直レジスタは水平レジスタにデータを転送します。データは1ラインずつ転送されます。

光活性画素アレイの周りには、追加のラインおよび行の非感光性セルがあります。これらのセルはCCDの内部制御のためのデータを保存し、感光性ピクセルからの画像情報と一緒に読み込まれます。

これらのプロセスはカウンタによって制御され、その値は特定のアクションに割り当てられます。

最も重要なカウンタ、ラインカウンタは実際の出力を制御します。このカウンタが増加するたびに、新しいピクセルラインが水平レジスタに転送されます。出力レジスタへの画像データのタイミング出力に加えて、このカウンタはサブパルスやフォト転送などの他のすべての重要なコマンドも開始します。

例えば、インクリメントごとにサブパルスが送信されます。

ラインカウンタは出力カウンタによって制御されます。ラインカウンタと出力カウンタを使用すると、いつでも各ピクセルの正確な位置を取得することができます。出力カウンタが最大値に達すると、すべてのピクセルが読み取られ、カウンタはゼロにリセットされ、ラインカウンタが増加し、次の行が出力レジスタに転送されて読み取られます。

他のカウンタには、ディレイカウンタと露光カウンタがあります。これらはディレイと露光時間をそれぞれ適切に制御します。

図9.9に一連のステップとおおよそのタイミングを示します。出力レジスタの読み取りには、他のステップの最大10倍の時間がかかります。露光後、センサ内のすべてのピクセルを読み取るのに約132msかかります。出力レジスタはその時間の120msを必要とします。出力を高速化するために、マイクロスポットモニタ(MSM: MicroSpotMonitor)は転送されるデータ量を制限することができます。

マイクロスポットモニタ(MicroSpotMonitor)は直径数 $\mu\text{m}$ のレーザビームを測定するので、 $4.76 \times 5.58 \text{ mm}^2$ のセンササイズは十分に大きいといえます。例えレーザビームが測定対物レンズを使用して拡大されたとしても、チップの小さい部分だけが照射されます。この領域は、ソフトウェアを介してユーザーによって調整される測定ウィンドウで制限されています。例えば、測定ウィンドウが解像度 $32 \times 32$ でライン800から1120まで広がる場合、ライン800から始まる10ライン毎にのみ光の拡がりを見積もるのに必要です。0から799ライン、および1120を超えるラインは、高速スキャンモードで処理されます。カウンタが増やされて次のラインが出力レジスタに転送される前に、最初の50個の値だけが出力レジスタから読み取られます。

ライン800も完全に読み取られ、値が処理されなければなりません。高速スキャンモードは、通常の出カルーチンより約25倍高速です。

測定ウィンドウ内では、走査インターリーブモードを使用してラインが読み取られます。測定ウィンドウ内では10ラインごとに必要なため、ライン1から8までは部分的にしか読み取られず、ライン9と10は完全に読み取られます。

この方法を使用するトータルの測定時間は7分の1に短縮されます。

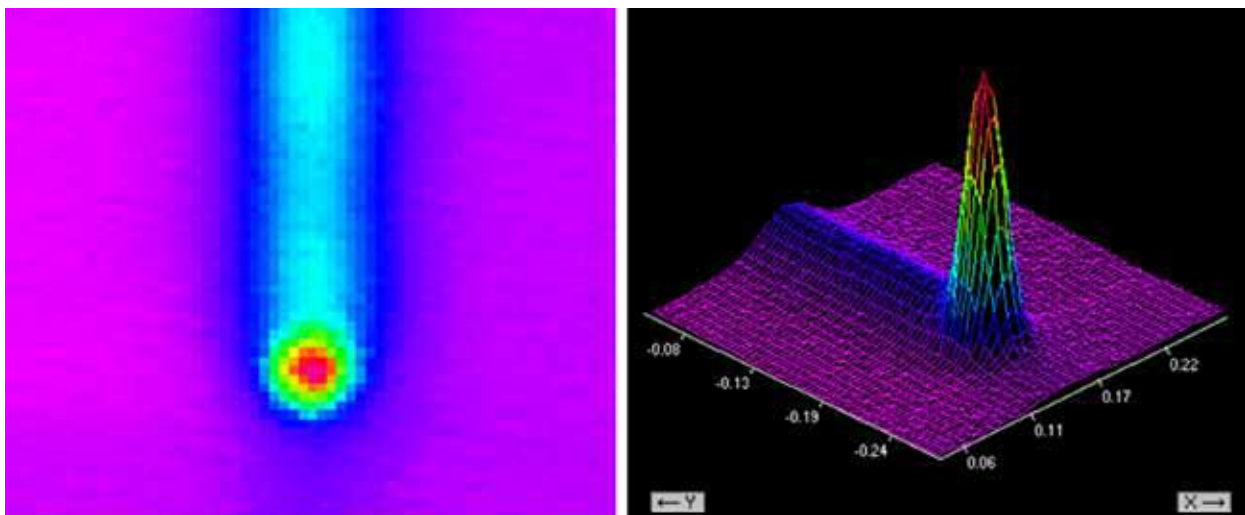


図9.10 スミア効果の例

### • スミア効果

強い照明の中、スミア効果が発生する可能性があります。スミア効果の視覚化は、画像の明るい部分から始まり端まで広がるシグナルバーを通して見られます。スミア効果は、高強度の光によってシフトレジスタに負荷が発生するために発生します。チップが読まれるとき、明るいビームの上のすべてのロードパケットは特定のオフセット値によって上げられます。スミア効果を補正するために、各測定の前に(トリガ動作中でも)マイクロスポットモニタを使用してブラック測定が一度行われます。ブラック測定中は、レジスタがクリアされ、露光時間が繰り返され、画像転送を行わずにCCDが読み取られます。ブラック測定は、スミア効果に対応するデータを生成します。ブラック測定データは通常の画像から削除されます。



## • 暗電流

長時間露光すると、2番目の影響が発生する可能性があります。暗電流は、電力(熱電子)が感光性ピクセルで発生するために発生します。この影響は、露光強度に関係なく各ピクセルで同じであり、露光時間とともに直線的に増加します。暗電流は長時間露光中に画像のオフセットを生じます。暗電流の影響を補正するためにソフトウェアに統合ルーチンがあります。

### 9.6.1.2 出力

ラインカウンタは、測定が開始されない限り、CCDチップがラインごとに読み取られることを保証します。測定開始時にラインカウンタはゼロにリセットされます。特定の値、つまり特定のライン ( $x_0$ ) に達すると停止します。ラインカウンタは、シフトレジスタとピクセルデータをクリアするコマンドをトリガします。この直後にディレイ周期カウンタが起動します。この間、実際の露光(照明)の前にピクセルが完全にクリアになるように、サブパルスが特定の間隔で生成されます。露光カウンタはディレイ周期後に開始します。露光時間が経過した後、ラインカウンタは再起動されます。

シフトレジスタは、画像転送なしで最初に読み出されます。このブラック測定データは処理され、ラインカウンタはゼロにリセットされます。露光時間が経過して画像が転送された直後にこのプロセスが繰り返されます。

画像情報はシフトレジスタに保存され、出力に利用できます。

### 9.6.1.3 トリガ

パルスレーザシステムの診断には、2つのトリガモードがあります。セクション3.4に説明がありますが、トリガ信号は第3プリズムの下のフォトダイオードから来ます。トリガ閾値(トリガ信号が生成される信号強度)は、ソフトウェアのダイアログウィンドウで設定できます。

- 通常のトリガモードでは、固定ディレイと露光時間が設定されます。トリガ動作中でもブラック測定が行われます。ブラック測定は、ライン  $x_0$  の通常操作のように開始します。レジスタとセンサマトリックスがクリアされます。クリア中にトリガ信号を受信すると、レジスタとピクセルは再びクリアされます。トリガ信号を受信されない場合、センサは測定の準備ができています。トリガ信号を受信されるとすぐに、ディレイカウンタ、次に露光カウンタが起動されます。この間、実際の露光の前には照射を防ぐためにサブパルスが繰り返し発生されます。その後、画像転送なしにシフトレジスタが読み出されます。画像転送コマンドを受信されない限り、このプロセスは直ちに繰り返されます。

- 第2のトリガモードはqスイッチモード(シングルパルスモード)です。非常に短いパルスを1つだけ測定することを目的としています。ディレイと露光時間の設定を除いて、qスイッチモードは通常のトリガモードと似ています。ディレイタイムはゼロで、露光時間は最小化されています。

## 9.6.2 CMOS (相補型金属酸化膜半導体センサ)

CCDセンサとは異なり、CMOS技術には統合された機能はありません。データは時間とともに転送されるのではなく、スナップショットを通してのみ転送されます。複数のピクセルを同時に読み取ることはできません。一度に1つだけです。したがって、画像は時間の経過に伴う個々の露光で構成されます。マイクロスポットモニタ(MSM: MicroSpotMonitor)で使用されているCMOSチップは2.75MHzで動作します。64 x 64ピクセルの画像には約1.5msが必要です。

すべての画像に対して、CMOSチップは120dBの帯域幅を提供します。この範囲では、CCD技術(個々の画像で55 dB)を使用した場合よりも、レーザビームの裾野を検出しやすくなります。

CCDカメラとCMOSカメラのもう1つの違いは、CMOSテクノロジーでは、すべてのピクセルが個別に配線され、個別にアドレス指定できることです。非連続画素を読み取る間に時間が失われることはありません。

マイクロスポットモニタ(MSM: MicroSpot Monitor)で使用されるセンサは、8 $\mu$ mのピクセルオフセットと1024 x 1024ピクセルを有します。強度依存性および走行時間性能のために、CMOSセンサはパルスレーザビームを測定するのには限られた用途しかありません。

### 9.6.2.1 構造 (ダイナミクス/分解能など)

図9.10にCMOSチップの構成を示します。

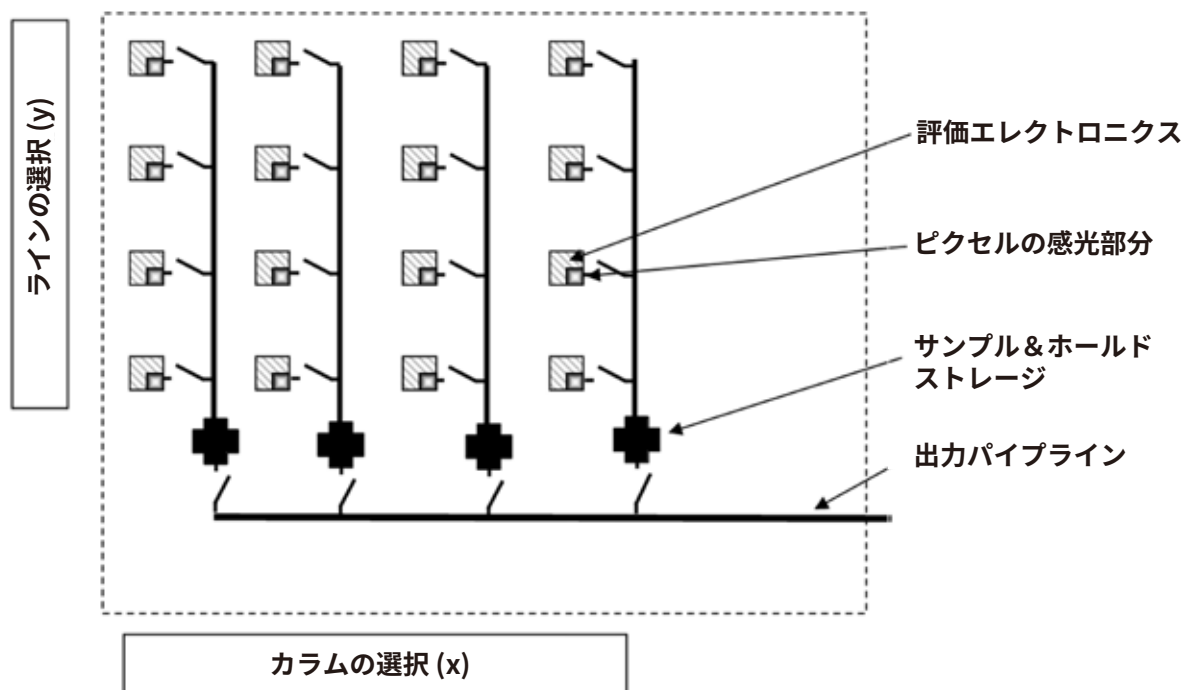


図9.11 CMOSカメラチップの構造

図9.11にCMOSチップの構成を示します。各感光画素はそれ自身の電子機器を有します。これにより電子の蓄積量を測定可能な電圧に変換します。この電圧はカラムレジスタに転送されます。すべてのカラムレジスタは、出力ラインを介してアナログデコーダに接続されています。カラムレジスタと個々のピクセルとの間の交点がマトリックスを形成し、その上にすべてのピクセルをマッピングすることができます。個々の画素を直接アドレス指定することができるので、画像のトリミングなどCMOSセンサ画素の一部のみを読み取れます。この技術は「Windowing」として知られています。画像データ処理オプションは、これらのセンサを使用することによって確実に拡張されます。ウィンドウ処理は、チップ上のタイミング回路によって直接制御されます。このようにして、高い画像繰り返し率を用いて画像の特定の領域を処理することができます。

### ・固定パターンノイズ

多くのCMOSセンサの特定の特徴は比較的高い固定パターンノイズ (FPN) です。FPNは、すべてのピクセルに追加の固定オフセット値があることを意味します。違いは、測定された信号と同じ範囲で発生し、各ピクセルの異なる感度によって引き起こされます。補正するために、各個々のピクセルのFPN値はメモリに記憶されます。これらの基礎となる値は、測定値の計算中に使用されます。

### ・非線形性

固定パターンノイズに加えて、CMOSセンサの非線形性は測定を複雑にする可能性があります。検出された信号は全ダイナミックレンジにわたって露光速度に対して線形ではありません。低強度および高強度での信号応答は非線形性を示します。

低強度での効果を補正するためにシャッタを使って暗い測定をすることができます。暗い測定値は低強度での測定に対してこの特性を補正するために使用されます。マイクロスポット モニタ (MSM: MicroSpot-Monitor) を使用する場合、アナログ - デジタルコンバータは最初の60 (120 dB) でしか動作しないため、高強度での非線形性はファクタになりません。レーザ解析ソフトウェア (LDS: LaserDiagnoseSoftware) は、このレベルを超える強度でオーバードライブされたA/Dコンバータを表示します。NDガラスフィルタを使用してレーザビームが十分に弱くなった場合にのみ、測定を続けることができます。

## 9.6.2.2 出力

最初のピクセルが読み出される前に、CMOSチップを充電してください。充電デューレーションはビームの強度によって異なります。言い換えれば、充電時間は強度に反比例します。チップは、充電するために $0.01\text{mW}/\text{m}^2$ の強度で約600msを必要とします。強度を $10\text{W}/\text{m}^2$ に上げると、チップに必要な時間はわずか $0.6\mu\text{s}$ です。これらの時間的制約が、特定のパルスレーザビームのみをCMOSカメラで測定できる理由です。

前述のように、別の時間的制約は、CMOSセンサがすべての画素を個々に読み取ることから生じます。クロック速度は約2.76 MHzです。64 x 64ピクセルの解像度では、最初のピクセルと最後のピクセルの読み取りに約1.5 msかかります。その利点は、不要なピクセルが読み込まれないことです。この時間的制約は、サンプル&ホールド (S&H) ロジックを使用して補正できます。サンプル&ホールド動作中、各ラインの値はすべて同期して出力されるまで保持されます。



## 10. ビーム解析の基礎

### 10.1 レーザービームパラメータ

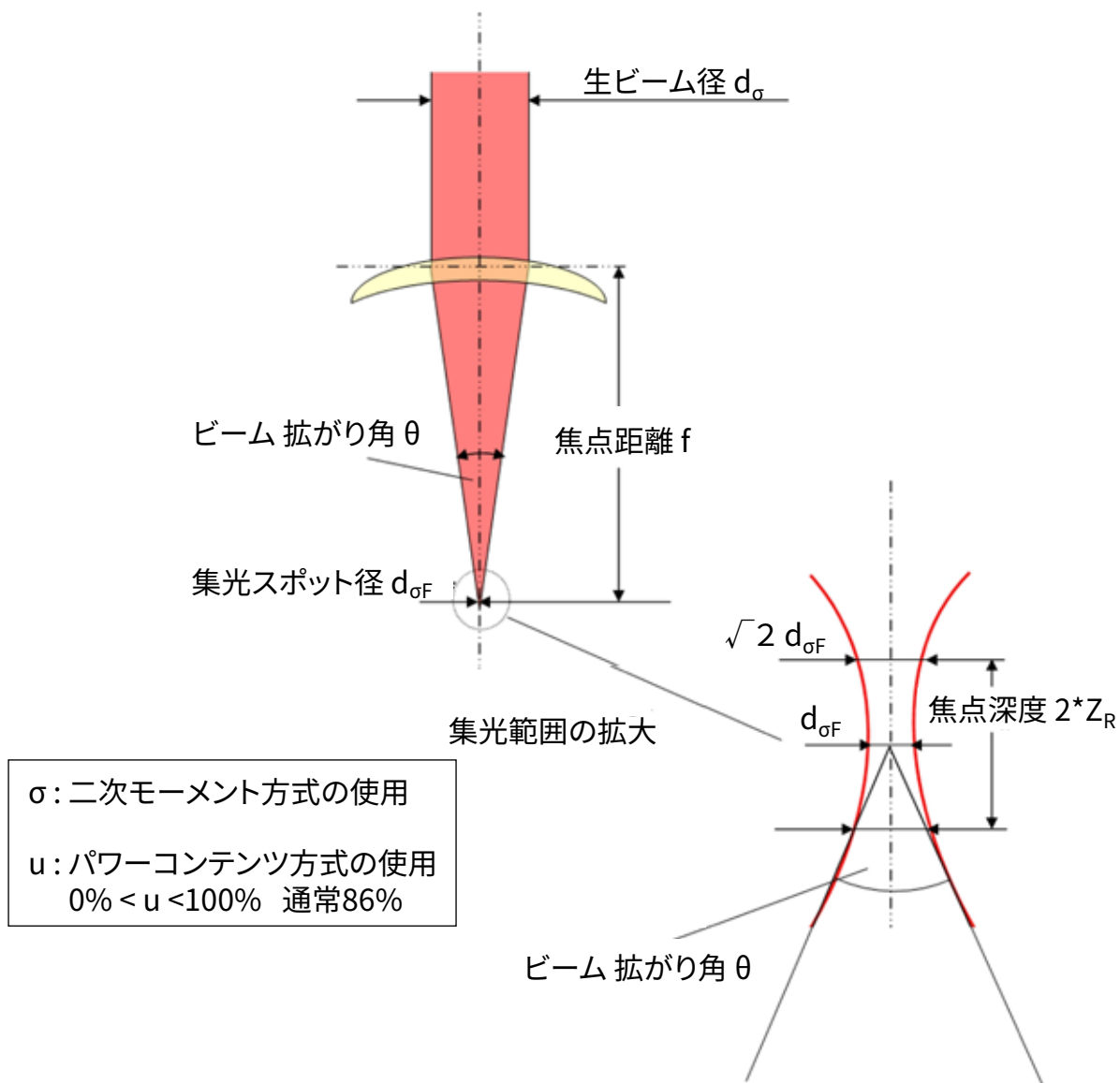


図10.1 ビームパラメータの定義

### 10.1.1 回転対称ビーム

ISO 11145およびISO 11146に従って、回転対称ビームを特徴付けるのに3つのビームパラメータが必要です。

- ビームウエスト(集光)のz位置  $z_0$
- ビームウエスト径  $d_{\sigma F}$
- ファーゾーン拡がり角  $\theta$

これら3つのパラメータを使用して、ビーム伝播方向に沿った任意の場所でビーム径を決定することが可能です。しかしながら、次のいくつかの制限があります。

- ビーム拡がり角は0.8ラジアン未満でなければなりません。
- 焦点直径およびビーム拡がり角は二次モーメント法を用いて計算されなければなりません。

方程式1 
$$d_{\sigma}(z)^2 = d_{\sigma 0}^2 + (z - z_0)^2 \cdot \Theta_{\sigma}^2$$

ビーム拡がり角は、ビーム伝播係数Kを用いてさらに説明することができます。

方程式2 
$$K = \frac{1}{M^2} = \frac{4 \cdot \lambda}{\pi} \cdot \frac{1}{d_{\sigma 0} \cdot \Theta_{\sigma}}$$

K	= ビーム伝播係数
$M^2$	= ビーム品質係数
$\lambda$	= 波長 (屈折率nの媒質中)
$\Theta_{\sigma}$	= ビーム拡がり角
$d_{\sigma 0}$	= ビームウエスト径

これから導き出されるように、ビームパラメータ積 (BPP: Beam Parameter Products)は、エラーフリーおよびアパーチャフリーコンポーネントが使用される限り、一定のサイズです。

方程式3 
$$\frac{d_{\sigma 0} \cdot \Theta_{\sigma}}{4} = \frac{\lambda}{\pi \cdot K}$$

重要なビームパラメータはレイリー長です。

レイリー長は、ビームウエストが2の平方根の係数で拡大する伝播経路に沿った距離です。次の式を使用して計算されます。

方程式4 
$$z_R = \frac{d_{\sigma 0}}{\Theta_{\sigma}} = \frac{\pi \cdot d_{\sigma 0}^2}{4 \cdot \lambda \cdot M^2}$$

## 10.1.2 非回転対称ビーム

7つのビームパラメータは、非回転対称ビームを特徴付けるために必要です。

- ビームウエスト(集光)の位置  $Z_x$  および  $Z_y$
- ビームウエストの直径  $d_{\sigma 0x}$  および  $d_{\sigma 0y}$
- 遠視野におけるビームの拡がり角  $\theta_{\sigma x}$  および  $\theta_{\sigma y}$
- 測定システムの  $x'$  軸とビームの  $x$  軸 (測定システムの  $x$  軸に最も近いビームの  $x$  軸) との間の角度  $\phi$

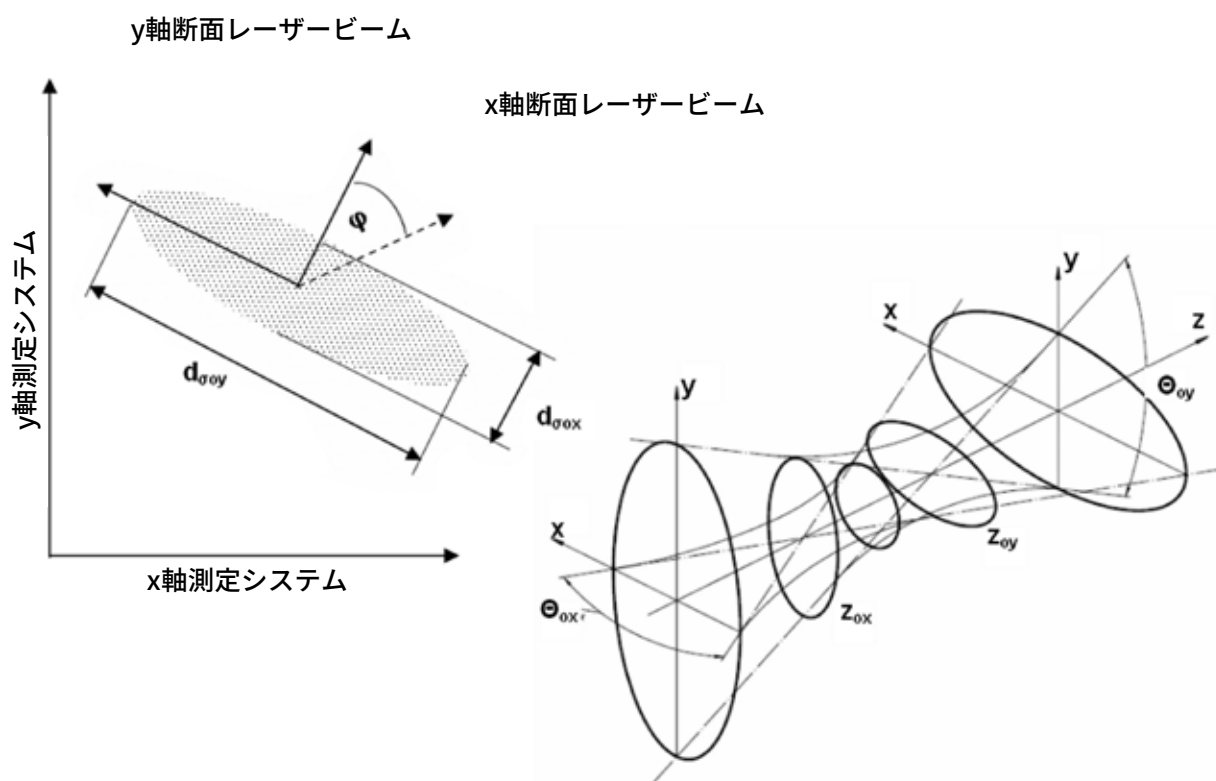


図10.2：非回転対称ビームのビームパラメータ

上記のパラメータを使用して、任意のビームを2つの垂直軸で特徴付けることができます。

K値および回折寸法などの追加のビームパラメータは、回転対称ビームに使用されるのと同じ式から導出することができます。計算は常に  $K_x$  と  $K_y$  のような2つのパラメータにつながります。

## 10.2 ビームデータの計算

マイクロスポットモニタ(MSM: MicroSpotMonitor)は、2次モーメント用のISO規格11146アルゴリズムと、ビームデータの計算に86%の方法の両方を使用できます。どちらの方法もガウシアンモード(TEM<sub>00</sub>モード)でも同様の結果が得られますが、86%の方法ではなく、より大きい直径では2次モーメント方法が使用されます。レーザビームは、周波数とコヒーレンス特性が異なるさまざまなモードで構成されています。現在の測定方法は、ビームに関する限られた情報しか提供していません。したがって、計算されたパラメータは常に測定原理に依存します。測定結果がどのように解釈されるのかを意識することは常に重要です。

ビーム半径を計算するには、2つの予備ステップが必要です。

1. NULLレベルの決定
2. ビーム位置の決定

### 10.2.1 Nullレベルの決定

Nullレベルは、例えば、測定されたパワー密度のヒストグラムを使用して決定できます(図10.3を参照)。

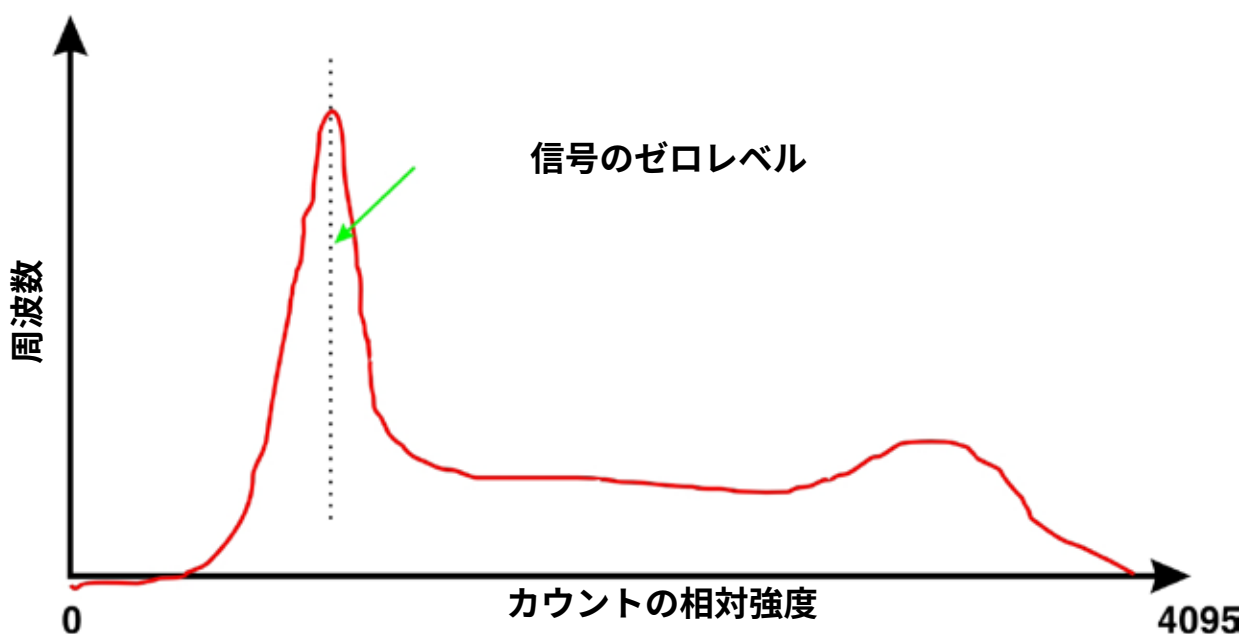


図10.3：スキャンした測定ポイントのヒストグラム

#### • NULLレベル信号

ヒストグラムは、特定のパワー密度測定値の分布です。この曲線の最大値は、パワー密度分布のNullレベルを表します。このパワー密度は、パワー密度分布のすべての測定値から導き出されます。

小さなエラーは計算の数が増えるにつれて劇的な変化を引き起こす可能性があるため、Nullレベルを正確に測定することが重要です。これは計算されたビーム半径に大きな影響を与えます。



### 10.2.2 ビーム位置の決定

ビーム位置は、1次モーメント法を使用して計算されます。パワー密度分布の主領域 ( $E(x, y, z)$ ) を計算するという意味です。

$$\text{方程式 5} \quad \bar{x} = \frac{\iint x \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad \bar{y} = \frac{\iint y \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy}$$

本章の冒頭にご説明したように、ビーム位置を計算した後にビーム半径を計算する2つの方法があります。

### 10.2.3 パワー密度分布の2次モーメントを使用したビーム半径の決定

方程式6を用いて、パワー密度分布の2次モーメントに基づいてビーム半径を計算します。

$$\text{方程式 6} \quad \sigma_x^2(z) = \frac{\iint (x - \bar{x})^2 \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad \sigma_y^2(z) = \frac{\iint (y - \bar{y})^2 \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy}$$

方程式6から始めて、次のようにビーム径を計算します。

$$d_{ox}(z) = 4 \cdot \sigma_x(z)$$

方程式 7

$$d_{oy}(z) = 4 \cdot \sigma_y(z)$$

このアルゴリズムには、パワー密度積とパワー密度分布の主要領域が含まれます。null値が正しく決定された場合にのみ正しく機能します。フィルファクタ、ビーム径と積分面積/測定ウインドウサイズの比率は、もう一つの重要なサイズまたは要素で、常に0.3から0.5の間の値を持つべきです。

### 10.2.4 86%出力レベルを使用したビーム半径の決定

最初のステップは分布量を計算することです。トータルパワーに比例します。すべてのパワー密度値の合計、およびそれとピクセル測定値との乗算により、体積、よって、トータルパワーが求められます。したがって、信頼できるNullレベルが重要な基本として機能します。このトータルパワーから始めて、86%のビームパワーの領域を考慮することができます。このビームパワーはビーム半径内になければなりません。積分は通常最大の強度で始まります。積分範囲は最大86%のパワーレベルに拡大されています。イメージポイント数は積分中にカウントされます。これから、86%の面積、したがってビーム直径を計算することができます。この手順は円形標準モデルベースのビームに適しています。

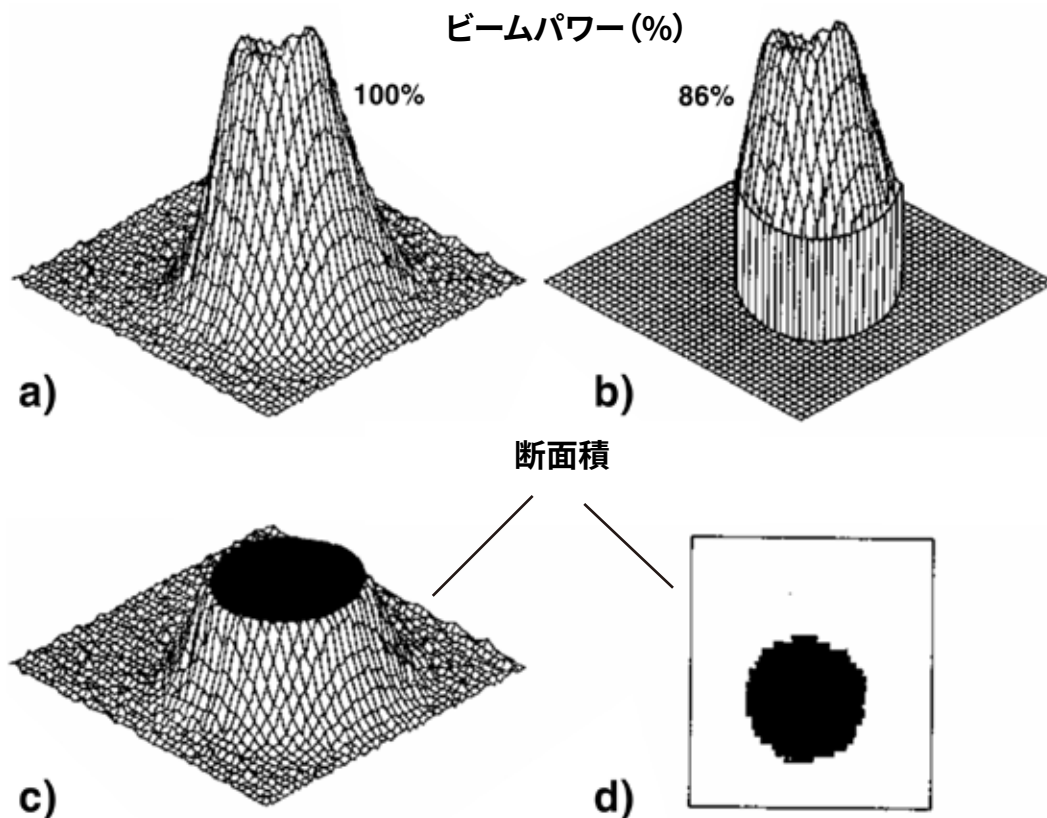


図10.4 86%半径の計算

- a) パワー密度分布
- b) イメージポイント：86%の出力範囲内、その他のポイント：null
- c) 86%のパワーレベル、最大パワーから14%
- d) 86%レベルの断面積

## 10.2.5 測定誤差

測定原理にかかわらず、ビーム半径の決定には多くの誤差の原因があります。

- Nullレベルの決定
- 測定ウィンドウの有限サイズ
- x方向とy方向の分解能
- 強度分解能

最初の2つの誤差の原因は、マイクロスポットモニタ(MSM : MicroSpotMonitor) による測定に関連しています。

### 10.2.5.1 Nullレベルの決定における誤差

ビームウェスト半径の計算は、Nullレベルの変化に非常に強く依存します。86%またはセカンドモーメント法を使用しても問題ありません。

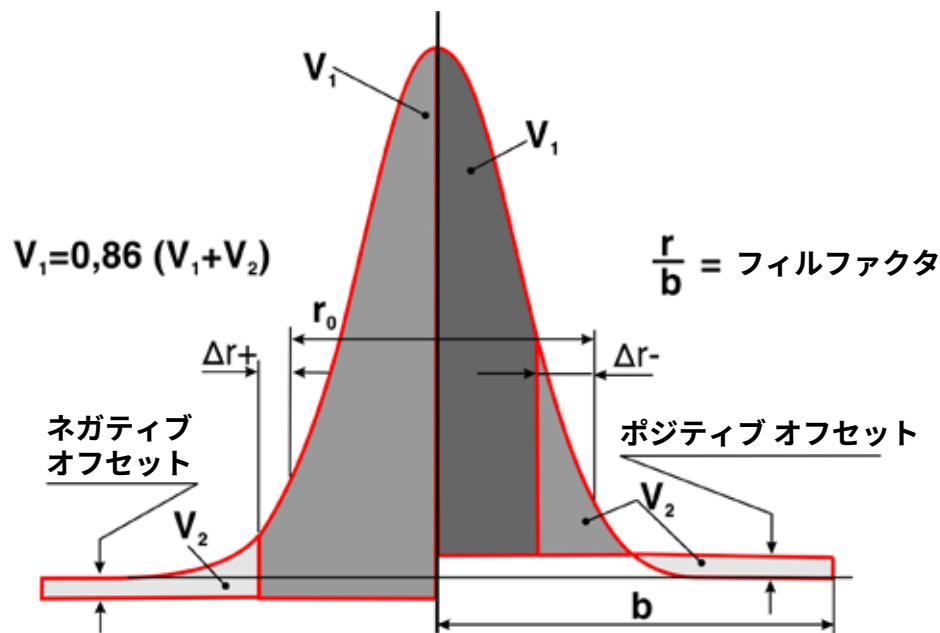


図10.5 ガウシアンビーム強度分布 - Nullレベル低下 (左) および上昇 (右)

Nullレベルが低い (左側) と、測定値とNullレベルとの間の総体積が増加します。この増加のために、より大きいビーム半径が曲線方程式を使用して計算されます。逆にNullレベルが上昇すると (右側)、体積が減少し、計算されたビーム半径が小さくなります。

### 11.2.5.2 信号のオーバードライブ

高い信号振幅は、システムの制限されたダイナミクスによってクリップされます。高出力密度がビームジオメトリの計算に欠けている場合、アルゴリズムは大きすぎるビームを常に計算します。これは減衰量を増やすことで補正できます。

### 10.2.5.3 誤った測定ウィンドウサイズからの誤差

測定分布の体積を正しく基準化 (ノーマライゼーション) するためには、ビーム全体が測定ウィンドウ内になければなりません。強度分布は原則として無限に広がるため、ビームパワーの一部は常に測定範囲外になります。

以下では、ビーム半径のノーマライゼーションはウィンドウサイズに半分比例します。このサイズは、フィルファクタとして定義されます。

方程式 8

$$F = \frac{2 \cdot r_s}{\text{測定ウィンドウの幅}}$$

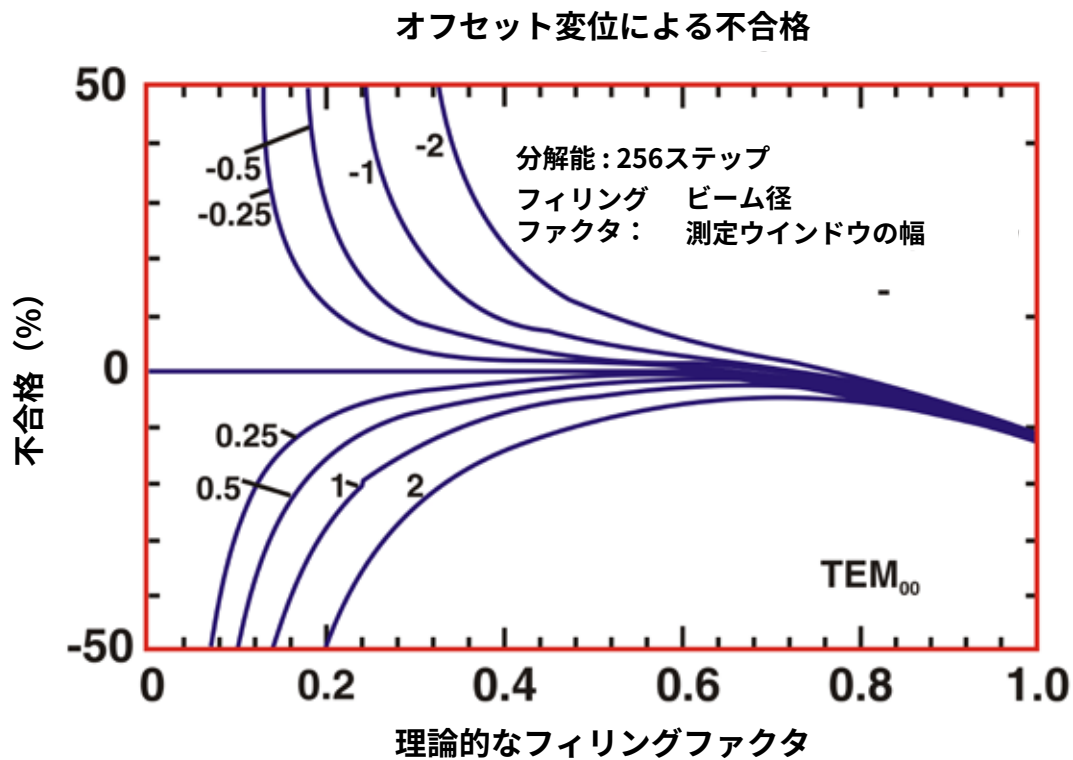


図10.6 さまざまなオフセット値に対するNull Level Planeのオフセットによるビーム半径計算中の誤差 (ガウシアンビーム強度分布)

図10.6では、0.7を超えるフィルファクタの効果をはっきりと確認できます。

ガウシアンのようなビームでは、誤差を最小限に抑えるためにフィルファクタは0.4から0.6の間に保たれるべきです。

トップハットビームの場合、リミットは約0.9です。