

## IrNDTシリーズ

アクティブ・サーモグラフィーによる非破壊検査システム

- 非接触検査による品質管理
- 高速・大面積スキャン
- 必要な機能の組み合わせが可能なモジュラー設計により、ロックイン、パルス、トランジェント、振動サーモグラフィーおよび熱弾性応力解析を自在に実現
- ハロゲンランプ、フラッシュランプ、レーザ、超音波、渦電流などの幅広い励起源の選択肢をサポート
- 多くの材料の解析に対応した検査パラメータをプリセット

## IrNDTを用いた非破壊検査システム

IrNDT シリーズは、必要なハードウェアとソフトウェアを組み合わせることで目的の検査に最適化できるモジュラー設計になっており、既知のアクティブサーモグラフィ技術を含んでいます。

- ロックイン・サーモグラフィ
- パルス・サーモグラフィ
- トランジェント(過渡)サーモグラフィ
- 振動サーモグラフィ
- 熱弾性応力解析

検査作業に応じて、IrNDT基本パッケージに必要な評価モジュールを補完してシステムを構築します。つまり、検査に必要なものだけを組み込んだ検査システムを特注品のように簡単に構築できます。

(→ 経済的でコンパクトな検査ソリューション)

## 検査の原理

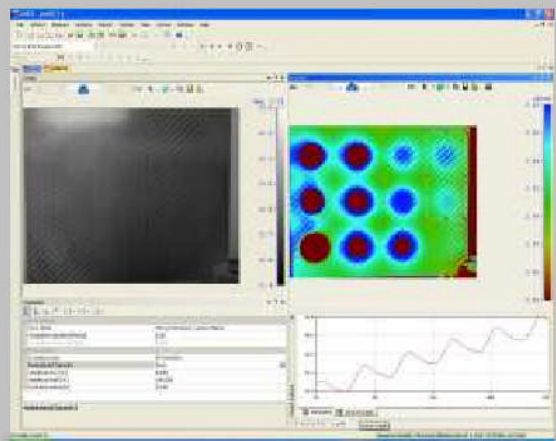
熱源により、被検査物を熱的に励起します。すると被検査材料内を伝搬する熱エネルギーは、内部構造を反映した直接の結果として、対象物表面に温度変化を与えます。

この表面の温度変化を赤外線カメラを用いて所定の時間範囲で記録すると、その面内温度の時間変化を解析できます。この解析結果は画像として得られ、それは被検査材料の内部構造や内部欠陥に関する情報を可視化したものになります。

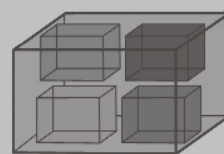
測定方法や手順を変えることで、被検査材料の構造や検出したい欠陥に応じた最適化を行えます。励起源や励起方法を異なるものとする場合は、それに合った数学的原理に基づく解析方法を組み合わせ使用します。

## データベース

- 測定結果の画像、測定パラメータ、レポート作成などを管理するためのクライアント-サーバー-アーキテクチャーのデータベース(データのソート、検索機能を含む)
- 強力な画像処理機能を持ったデータベース
  - 画像の差分、比較、繋ぎ合わせ、透明化、自動リサイズ、WordとPowerPointのレポートジェネレータなどの機能



IrNDTのインターフェース



### IrNDT基本パッケージ

赤外線カメラと励起源の制御、赤外データの記録、別の解析ツール(Matlabなど)へのデータエクスポート機能



#### 「ロックイン / ロックイン・オンライン」モジュール

ロックイン測定用の解析モジュール



#### 「パルス解析」モジュール

パルスおよびトランジェント励起測定用の解析モジュール



#### 「熱弾性応力解析 / 参照ロックイン / 参照ロックインオンライン」モジュール

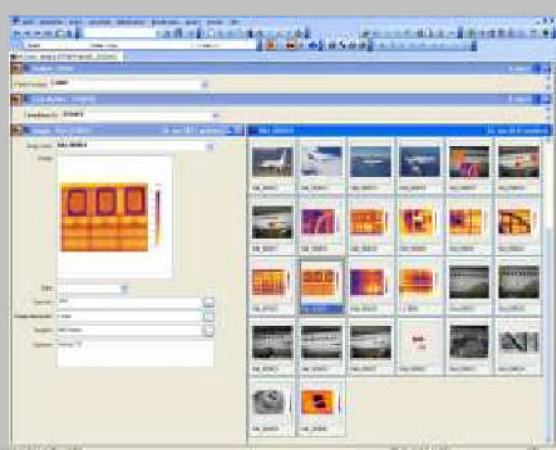
熱応力解析、参照信号付きロックインや熱応力解析用の解析モジュール



#### 「SolarCheck」解析モジュール

太陽電池セル検査用解析モジュール

IrNDTのソフトウェア構造



画像データベースのインターフェース

## IrNDTの主要機能リスト



材料の非破壊検査



モジュラー設計：システム機能の拡張が容易に確実にできる基本設計



検査用途や内容に応じて極めて柔軟に対応できる測定・評価アルゴリズム



検査パラメータの設定を容易に行えるグラフィカル・ユーザー・インターフェース



複雑な検査プロセスを容易に構築できるマクロ作成エンジンを内蔵



制御やデータ交換を行うためのCOM/DCOMオートメーション・インターフェースを内蔵



多くの主要材料の検査パラメータをプリセット

## 各種検査方法

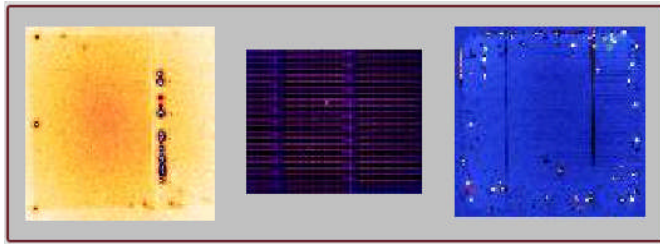
励起方法	ロックイン	ロックイン オンライン	パルス/トランジェント		熱応力	検査対象
			短パルス	長パルス		
ハロゲンランプ /赤外線エミッタ	✓	✓	✗	✓	✗	- 複合材料 (接合不良、デラミネーションなど) - 発泡材料 (キャビティ, など) - 革製品 (欠陥など)
フラッシュランプ	✗	✗	✓	✗	✗	- 金属 (溶接シーム、腐食、など) - 複合材料 (接合不良、デラミネーション など)
超音波	✓	✓	✗	✓	✗	- クラックとデラミネーションの検出
レーザー	✓	✓	✓	✓	✗	- 高精度な励起が必要な検査 (小さな部品など)
渦電流	✓	✓	✗	✓	✗	- 金属内 (クラックなど)
機械的励起	✗	✗	✗	✗	✓	- 熱応力解析 (TSA)

✓：適用

✗：不適用



## IrNDTの具体的な用途例



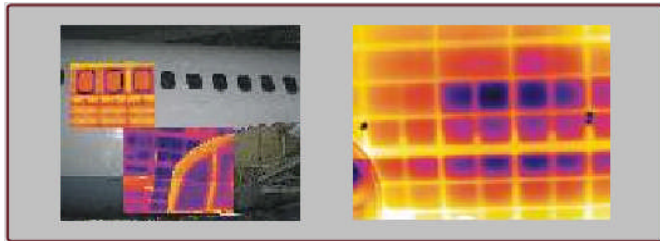
### SolarCheck (ソーラー・チェック)

SolarCheck システムは、太陽電池セルの品質保証検査用に設計されたものです。本システムは、短絡(シャント)やマイクロクラックの検出に加えて、キャリアの推定寿命の判定も行います。SolarCheck システムは、変調光を照射して検査を行う「光照射ロックイン・サーモグラフィ (ILIT)、変調電流を流して検査を行う「暗視野ロックイン・サーモグラフィ (DLIT)、さらにエレクトロルミネッセンス検査に対応しています。



### DashboardCheck (ダッシュボード・チェック)

DashboardCheck システムは、自動車のダッシュボードやその他発泡部品の品質管理検査用に設計されたものです。これは、発泡材料に含まれるエアキャビティの欠陥や製造上の欠陥を非接触で検出するには理想的なシステムです。DashboardCheck システムには、オンライン用およびオフライン用バージョンがあります。



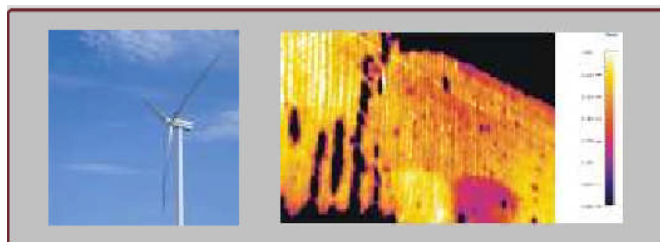
### JetCheck (ジェット・チェック)

JetCheck システムは、航空機の品質保証検査のために設計されました。その主な特長は、一回の測定で大面積をカバーでき、外部構造、翼、ラダーなどの検査に理想的なシステムで、複合材料のデラミネーション、接着不良、浸透水、前回の修理跡などの検出に使用できます。



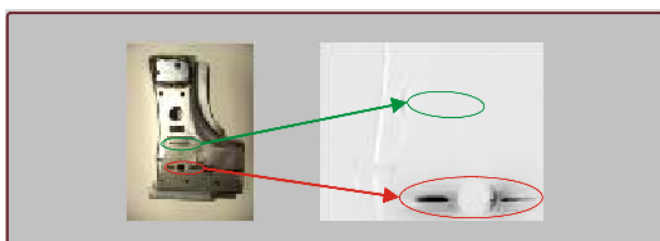
### CrackCheck (クラック・チェック)

CrackCheck システムは、励起源に超音波エネルギーを用いたクラック検出を目的としています。測定手法にはロックイン・サーモグラフィとパルス・サーモグラフィを採用し、材料内の小さなクラックでも検出可能で、その幾何学的配列の影響を受けません。補修作業の後の品質保証検査に最適なシステムです。



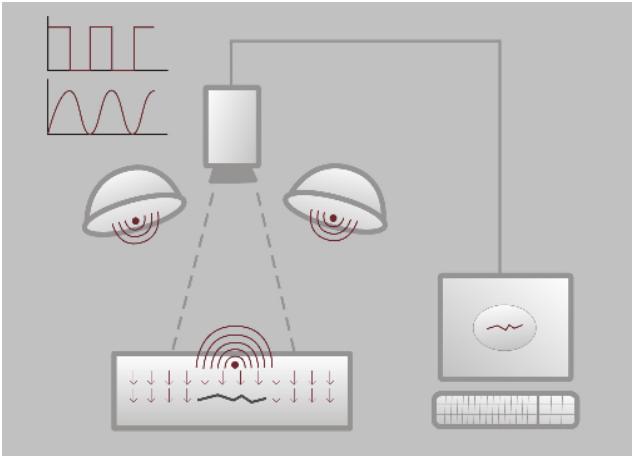
### CompositeCheck (コンポジット・チェック)

CompsitCheck システムは、カーボン繊維強化プラスチック(CRP)やガラス繊維強化プラスチック(GRP)などの複合材料品質保証検査のために設計されています。本システムはモバイル検査システムとして評価を得ており、接着不良、デラミネーションなどの検出に理想的なシステムです。



### WeldCheck (ウェルド・チェック)

WeldCheck システムは、溶接接合部の非破壊検査を目的としています。検査時間が非常に短く(1秒未満)、非接触で測定できるので、製造ラインでのオンライン品質検査に理想的なシステムです。



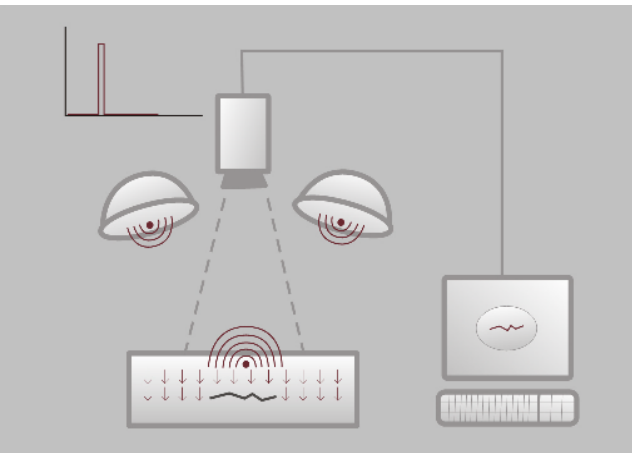
ロックイン・サーモグラフィーの測定原理

### ロックイン・サーモグラフィー

ロックイン・サーモグラフィーは、被検査物の表面に変調がかかった熱の波を発生させ、それが内部に入り込む状態を解析する測定原理によります。

熱の波が被検査物の内部に伝搬し、欠陥（デラミネーションや含有物など）に到達すると、波の一部が反射され表面へ戻ります。この反射成分が表面に到達すると、内部へ入ろうとする波と干渉を起こし、局所的な表面温度に干渉パターンが現れ、それにより局所表面の赤外線放射パターンが発生します。

このパターンの数学的な解析を行うことで、被検査物の内部構造に関する情報を得ます。



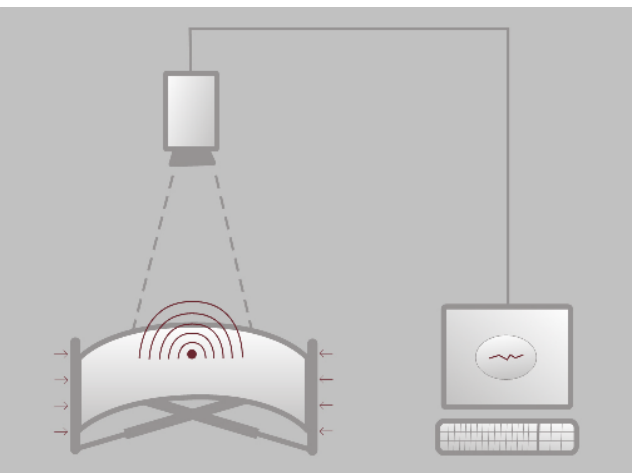
パルス・サーモグラフィーの測定原理

### パルス・サーモグラフィー

パルス・サーモグラフィーは、被検査物内部へ均一に入り込む熱信号で表面を刺激することによります。熱信号が最初に欠陥を含む領域に到達すると、そこで熱が先へ伝わらず、熱がこもるため、欠陥のある領域の表面の温度が上昇します。

この挙動を赤外線カメラで記録し、数学的解析を適用することで、検査対象の構造についての深さ分解能を伴った情報が得られます。

この技術は、大面積のスキャンに大変向いており、ロックイン・サーモグラフィーに比べて、測定時間がより短くなります。



熱弾性応力解析(TSA)の測定原理

### 熱弾性応力解析(TSA)

物体に機械的な応力がかかると、熱弾性効果により温度変化が起こります。熱弾性解析(TSA)は、この効果を利用して、ここで発生する僅かな温度変化を記録し、解析します。

得られる画像は、引張り力のレベルの違いを異なる色で表現することにより、大きな機械的応力がかかる領域を容易に判定できるようになります。

この手法は、材料の疲労を研究する際に非常に役立ち、新しい部品や部材の設計の最適化にも有用です。

### 赤外線カメラ

対応しているカメラ	- FLIR Systems SC-シリーズ (SC8400、SC7000、SC6550、SC5000、SC4000、SC3000、SC2000、SC325、SC315、SC660、SC620、SC325) - FLIR Systems A-シリーズ (A615、A315、A310、A300) - IRSmartEye640、IRSmartEye320 - Omega、Phoenix、Merlin、Agema900、CEDIP、など
カメラインターフェース	Gigabit Ethernet、Firewire (IEEE1394)、IRFlashLink

### PC

PCの種類	産業用PC、ノートパソコン(モバイル・システム用)
カメラインターフェース	Gigabit Ethernet、Firewire (IEEE1394)、IRFlashLink

### 励起源

光(ハロゲンランプ、赤外エミッタ)	1KW~33KW
フラッシュランプ	6KJ~24KJ
超音波	周波数調整範囲: 15KHz~25KHz、強度調整範囲: 0~100%
レーザー	高精度レーザー(400μm光ファイバインタフェース付き)、出力32W、波長808nmj
渦電流	DC(最大出力 3.0KW)、出力周波数制御: 8~30KHz
機械的励起	

### ソフトウェア

- 各種用途向け評価モジュール: ロックイン、ロックイン・オンライン、パルス/トランジェント、熱応力解析(TSA)、太陽電池検査
- グラフィカル・ユーザー・インターフェース: プログラム無しで特定用途向けシステムを容易に構築可能
- レポート生成機能(検査レポート簡単作成)、検査データのエクスポート(MatLab等)、検査パラメータの保存、結果画像の保存(想定パラメータ込み)、等の機能を内蔵
- 内蔵スクリプトエンジン: 複雑な検査手順に対応するマクロ生成機能
- 内蔵COM/DCOMオートメーション・インターフェース: 制御、データ交換機能実装

### 測定と分析の機能

励起源のパラメータ	→ 解析関数: パルス関数、Sinus関数、台形関数、矩形関数、ユーザー定義関数 → 矩形変調時の矩形幅: 0.1%~99.9% → 励起周波数: 1μHz~50KHz
赤外線カメラのパラメータ (カメラの種類に依存する)	録画周波数、積算時間、温度範囲、平均温度、検出器ウィンドウ、など
解析のパラメータ	→ 解析手法: ロックイン、パルス、トランジェントサーモグラフィー解析用の幾つかの方法 → 太陽電池セルの検査用特殊関数(解析モジュールSolarCheck) → 熱応力解析用特殊関数(解析モジュールTSA) → 自動ノイズ低減関数と全解析モジュール内の外部インターフェースの補償
測定機能の管理	→ 全機能をworkspaceに保存