

# プロジェクトプレ終了評価報告書

評価委員会開催日：平成22年4月2日

評価委員：（敬称略、五十音順）

岡部徹 東京大学 生産技術研究所 サステイナブル材料国際研究センター 副センター長・教授

木原重光 (株) ベストマテリア 社長

福田博 東京理科大学 基礎工学部 教授

松宮徹 新日本製鐵(株) 顧問

確定年月日：平成22年6月18日

プロジェクト名	レーザープローブによる構造材料の非接触材質劣化評価技術
研究責任者の所属・役職・氏名	材料信頼性萌芽ラボ 非破壊評価グループ グループリーダー 志波光晴
実施予定期間	平成20年度～平成22年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトの研究目的は、レーザープローブによる非接触モニタリング技術をプロジェクト全体の柱とし、構造部材の非接触材質劣化評価技術の開発をNIMS内外における連携を基にした研究として行うことである。</p> <p>その意義として、電磁波プローブを用いて非接触による非破壊材質評価を行うためには、計測基盤技術であるレーザー光、電磁気、信号処理、波形解析技術、及び材料基盤技術である破壊、変形、組織、プロセッシングについて材質・劣化評価を基軸に有機的に連携できる体制を構築することが求められ、これらの分野融合を図ることで、これまで解決できなかった非破壊による信頼性評価という課題に取り組むことである。</p> <p>そのためには、NIMS内においては非破壊計測技術・評価を専門としてきた研究者と、材料・デバイス開発評価及び計算機シミュレーションを専門としてきた研究者が組み、これまでのNIMSの知見を最大限に生かして、それを非破壊で測定して評価を可能にする手法の開発を行う。NIMS外においては、宇宙材料・構造物を対象に、産業技術総合研究所、宇宙航空研究開発機構と「非破壊信頼性評価に関する三機関連携」による共同研究を実施することで材料信頼性評価のための計測評価技術の基礎を確立する。</p>
研究内容	<p>可視光レーザー技術に基づいたレーザー超音波法・レーザーAE（アコースティックエミッション）法、そしてフェムト秒レーザーと光導電アンテナにより発信したテラヘルツ波の時間領域分光法を核として、構造材料及び宇宙構造物を対象に3つのサブテーマの研究を実施する。</p> <p>テラヘルツ波による非破壊評価として、時間領域分光法を用いて反射特性より欠陥を検出し、透過特性より材料物性を評価することで、セラミックコーティングやプラスチック基複合材料の損傷評価法の基礎を開発する。</p> <p>クリープ損傷評価では、NIMS内のセンター及びステーションと連携を行い、弾性波の波動伝搬解析を基にした高温クリープの余寿命評価法を開発を行う。</p> <p>宇宙材料・構造物の非破壊信頼性評価では、空中超音波の波動伝播特性、テラヘルツ波による非破壊評価、燃焼器銅合金の欠陥検出と余寿命評価を行う。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) テラヘルツ波による非破壊評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・セラミックコーティングの界面剥離及び亀裂の検出を可能とする。</li> <li>・FRP（繊維強化プラスチック）の内部欠陥の可視化を可能とする。</li> </ul> </li> <li>2) クリープ損傷評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・内部摩擦によるクリープ損傷評価法の基礎を開発する。</li> <li>・高温中のレーザー超音波による内部摩擦を測定し、クリープ損傷を評価する。</li> </ul> </li> <li>3) 宇宙材料・構造物の非破壊評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・テラヘルツ波による固体燃料の非破壊評価の可能性を検討する。</li> <li>・空中超音波の波動伝播特性の計算機シミュレーション評価を実施する。</li> <li>・燃焼器銅合金の亀裂及び劣化損傷を検出し、余寿命評価法を開発する。</li> </ul> </li> </ol>

<p>平成20年度～平成22年プレ終了評価時までの主な研究成果（アウトプット）及び研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）</p>	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テラヘルツ波によるセラミック皮膜評価 テラヘルツ波は、セラミックスを透過することから、セラミックスコーティングと金属の界面剥離やセラミックス内の気孔率評価を行った。ジルコニアとアルミナの界面に空隙を設けた試験片では空隙の反射波を検出し、気孔率が異なる試験片では透過波の解析により複素屈折率と気孔率との相関を見出した。</li> <li>・内部摩擦によるクリープ損傷評価 NIMSでは、瞬間引張試験を用いたクリープひずみ評価を実施してきた。クリープひずみ速度を評価する非破壊計測可能なパラメータとして、内部摩擦に着目して、DMA（動的力学特性測定装置）による内部摩擦パラメータから、弾性変形ひずみと非弾性ひずみ成分を導出する式を求め、瞬間引張試験結果と対応し、よい一致が得られた。</li> <li>・超音波波動伝播シミュレーション NIMSで開発された2段階改良差分法は、FDTD（時間領域差分法）法と同様に、2つのパラメータを互い違いの質点に交互に与えて計算する。複雑形状である液体燃料ロケット燃焼器において、本手法で無欠陥の燃焼器を伝搬する超音波の伝達関数を求め、これを亀裂入り試験片の波形から除去することで、亀裂の検出を可能にした。</li> </ul> <p>2) 研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <p>テラヘルツ波による非破壊評価では、セラミックスコーティングの気孔率の測定システム及び近接場光アパーチャによるバンドパスフィルタの特許を出願し、テラヘルツ波による新しい非破壊評価法の可能性を示した。</p> <p>クリープ損傷評価では、これまでのNIMSにおけるクリープ研究を基に、クリープ特性の内部摩擦による解析が行われ、レーザー超音波による内部摩擦パラメータの評価に基づく非接触クリープ損傷評価法の基礎を示した。</p> <p>宇宙材料・構造物の非破壊評価では、液体燃料ロケット燃焼器を対象に、NIMSで開発された2段階改良差分法により超音波探傷法の可能性を示し、AMR（異方性磁気抵抗）を用いたECT（渦電流探傷試験法）による欠陥検出法を開発し、検査の信頼性及び構造信頼性向上に貢献した。</p>
<p>プレ終了評価時の進捗状況とそれから予測したプロジェクト終了時の目標の達成度合い及び自己点検</p>	<p>テラヘルツ波による非破壊評価では、テラヘルツ送受信システムやイメージングシステムを構築し、非接触測定による材料組織や損傷との相関についての知見を得、近接場光のアパーチャを開発して当初予定より大幅に進展している。</p> <p>クリープ損傷評価では、内部摩擦モデルによるクリープひずみ評価法について弾性域では完成し、微塑性域での検討を行っている。高温レーザー超音波計測技術もほぼ完成し、波形解析より内部摩擦の評価を行う予定である。</p> <p>宇宙材料・構造物の非破壊評価では、燃焼器銅合金を対象に超音波の波動伝播特性のシミュレーション及びECTにより亀裂の検出に成功し、ECTにより劣化損傷を検出して余寿命評価を行う手法の開発を行っている。</p> <p>以上、プロジェクトは順調に進展しており目標をほぼ達成できそうである。</p>

【評価項目】	コメント
<p>①研究計画、実施体制、マネージメント、連携  (計画はきめ細かったか、ロードマップに問題はなかったか、実施体制は十分だったか、マネージメントの是非、連携の範囲や連携課題、連携の成果はどうだったか、どこが問題なのか、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究計画・ロードマップはおおむね妥当である。</li> <li>・近接場光や超伝導デバイスの専門家やナノファウンドリーと連携したセンサー・デバイスの開発が平成22年度に予定されていれば、研究計画・マネージメント・連携に問題はない。</li> <li>・外部連携や協力関係は優れている。</li> <li>・非接触評価技術開発の重要性に共感できる。</li> <li>・サブテーマ間の連携が見えない。</li> <li>・テラヘルツレーザ一適用の目標値（検出限界）が明確でない。</li> </ul>
<p>②研究開発の進捗状況及び具体的目標の達成度  (研究責任者の自己評価を踏まえて、進み具合はどうだったか、目標は達成されそうか、目標は具体的であったか、世界レベルで見て目標は高かったか・低かったか、問題点は何か、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テラヘルツ波によるセラミックコーティングの評価（金属との界面の空隙の検知）は進展している。</li> <li>・複雑形状の超音波探傷は予備実験の段階である。</li> <li>・クリープ損傷評価はほぼ計画通り進んでいる。</li> <li>・クリープ損傷評価は、実用されている物を対象として行うことを狙っているのか、又は、クリープ試験をしている試験片を対象にして行うことを狙っているのかははっきりしない。前者なら、価値は極めて高いが、実現性は低い。後者なら価値は限定されるが（クリープ寿命を短時間で予測できる程度）、実現可能性は高い。</li> <li>・クリープ損傷との対応・検証はどのようにしているか。</li> <li>・セラミックコーティングの剥離程度の検出限界について、目標値と実現度を示してほしい。</li> <li>・三機関連携の進捗状況について具体的な記述が少ない。</li> <li>・目標が世界的レベルかどうかは、プレゼンテーションや資料からは評価不能である。</li> </ul>
<p>③論文・特許等の直接の成果（アウトプット）、効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）  (世界レベルの質の成果が出たか、どのような効果・効用あるいは波及効果が出たか/期待されるか、研究タイプを考慮した費用対効果は、問題点は何か、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・論文数・招待講演数もまずまずである。</li> <li>・論文9件、プロシーディング17件、招待講演4件、特許出願1件は、2年間としてはそれなりの成果であるが、世界レベルと言えるかどうかは判断が難しい。</li> <li>・質は十分高いように感じられるが、世界レベルであるかどうかは資料やプレゼンテーションからは判断できない。</li> <li>・テラヘルツ波による気孔率の測定について特許出願が出されているし、クリープ損傷評価法についても特許が期待できる。</li> <li>・超音波伝播シミュレーションに基づいて、燃焼器内に生じた亀裂の検出にも成功している。</li> <li>・目標としてきたアウトカムが一応出てきていると判断される。</li> <li>・費用対効果は判断できない。</li> </ul>
<p>④総合評価  (研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～③に含まれない、その他の評価ポイントがあれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い信頼性が要求される構造材料の新しい非破壊評価技術の開発の重要性は、論をまたない。</li> <li>・この分野の、世界における研究グループ/競争者における立ち位置、本研究グループの長所、特徴などをアピールして欲しい。</li> <li>・テラヘルツ技術が、既往の技術に比べてどのような優位性をもっているか、評価者が十分に把握していないので、その説明が欲しかった。</li> </ul>
<p>総合評価点  (10点満点)</p>	<p>7.3 (小数第二位以下四捨五入)</p>

各委員の評価点 (10点満点)		7, 7, 7, 8 (順不同)
評価点	評価	評価基準
10	S	全ての点において模範的に優れている。 計画を変更することなく継続すべきである。
9		
8	A	総合的に優れている。 一部計画を見直し継続すればS評価になる可能性がある
7		
6		
5	B	継続は認めるが、継続する時に、一部計画を見直した方が良い点がある。
4		期待されたほどではない。
3		計画を見直して継続すべきである。
2		大きな問題があり、継続を中止すべきである。
1	C	プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更が必要である。