

材料分野の遠隔実験による 広帯域ネットワークの利用

金属材料技術研究所 ○藤田充苗、横川忠晴

An Application of Broadband Research Network
Using Remot Experiment in Material Science
National Research Institute for Metals (NRIM)
Mitsutane Fujita and Tadaharu Yokokawa

The abilities of the developed laboratory for remote experiments in material science and the results of actual testing among NRIM, JST and MSU using the broadband research network are introduced. Moreover, the problems of the system are discussed based on the quality of real time movie.

1. はじめに

インターネットの急速な普及にともなって、材料分野の研究者・技術者にとってもインターネットがより身近なものとなってきた。金属材料に生じる現象の解明や新材料の開発のための総合的な材料情報システムがインターネット上に構築されれば、より効率的に金属材料に関する諸問題を解決することが可能となろう。さらに、現状のものより大容量の回線が使用出来るようになれば、材料情報システムの機能も飛躍的に向上が期待できる。情報G7の広帯域ネットワーク利用プロジェクトに参加し、45Mbpsのような大容量の回線に近い将来利用出来るようになるに伴って、材料分野でいかなる利用法が考えられるかの検討を行った。

金材技研(NRIM)では、NRIM-JST-MUS-JST-RIKEN間に敷設された45Mbpsの回線を用いて、遠隔実験を含む材料情報データシステムを構築し、金材技研とJSTおよびMSUとの間で、各機能の操作性に関する試験と総合的な実証試験を行った。以下にそれぞれのアプリケーションの概要を示し、さらに公開実験室の総合性能をNRIM-MSU、NRIM-JSTで実際に作動させた実証試験の結果について述べる。

2. 材料情報システムの概要

図1は、材料情報システムの概念を図1に示す。システムの機能として、材料データベース・材料現象や特性予測用シミュレータ・遠隔実験の3つの基本機能が必要である。ここでは、マルチメディアNi基超耐熱合金のデータベース、超耐熱合金設計シミュレータ、遠隔実験の要素機能としての金属組織動画像リアルタイム伝送技術の3機能を整備した。Ni基超耐熱合金を対象材料として、World Wide Web(以下、WWWと略)サーバー上にリアルタイム動画像伝送システム、特性予測シミュレータやマルチメディア・データベース(以下、MMDBと略)などを統合するユーザインターフェイスを試作した。なお、Ni基超耐熱合金は γ 相と γ' 相という2つの金属組織を持ち、特に高温での特性が優れた合金でジェットエンジンのガスタービン翼用として用いられる材料である。

2. 1 必要な機能

材料情報システムでは次のような機能を整備した。

1 データベース

材料データベースとWWWを連携してシミュレータと同様にインターネットのブラウザからデータ検索が可能である。

2 シミュレータ

計算プログラムとWWWを連携してインターネットのブラウザから各種のシミュレータを起動し、計算結果を得る。

3 リアルタイム動画像伝送

(遠隔実験の基本機能)

材料実験の結果は多くの場合画像データとして得られるので、実験中その結果を常時遠隔地の実験者に伝送することによって、遠隔地でも身近にある実験施設と同様な実験を可能にする。

4 テレビ会議室

遠隔実験を円滑に行うためには、依頼者と実施者とのコミュニケーションを円滑にするために相互通信の情報量が飛躍的に多いテレビ会議室の機能を備えた。

2. 2 システムの機器構成

NRIMの材料情報システムでは、SS20のWSにデータベース、シミュレータ、テレビ会議室の機能を整備した。その他の機器は、動画像や画像データの収集表示用に用いた。また、後述のMS-WindowsのPCにリアルタイム動画像サーバーをFDDIを介してATMに接続した。NRIMと他の情報授受サイト間は、ATMを介した45Mbpsの回線で接続し、それぞれのマシン間の接続は、ATMによって制御されている。たとえば、NRIMのリアルタイム動画像伝送サーバーからの情報は、CBRでJSTとMSUの動画像表示用のマシンに送られる。

3. マルチメディア超耐熱合金データベース

データフリーウェイ(1)に格納されているNi基超耐熱合金特性データと組織写真や材料の組成像写真などの画像を含む実験データとを基にマルチメディア超耐熱合金データベースを構築した。Ni基超耐熱合金に関するデータを収録したMMDBのデータベース構造は、文献、素材および試験情報をキーとし、材料物性の代表値、機械的性質の実験データやその測定条件、文献などのテーブルとの連携を行い、さらに静止/動画像を含めたマルチメディア関連の大容量ファイルとの連携も行った。それにより、マルチメディアのデータを含めた検索が可能である。このデータベースは、ORACLE DBMSで管理され、WWWと連携し、

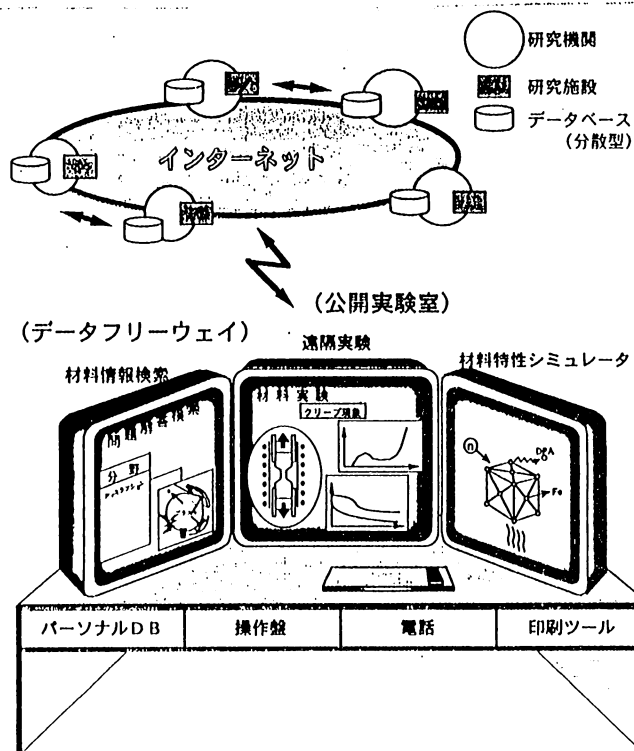


図1 インターネットを利用した材料情報システムの概念図

ネットワーク上から容易にアクセス出来る。さらに、インターネットのブラウザから容易にこのデータベースが検索出来るように、データ検索のためのユーザーインターフェイスを作成した。マウスのクリック操作のみで、必要とするデータの検索が可能である。さらに、画像にクリッカブルマップの手法を採用し、二次電子像の所定の位置をクリックすれば、X線アナライザによる極小部分の化学組成の結果が表示されるようになっている。

4. 超耐熱合金設計シミュレータ

シミュレータの例として、Ni基超耐熱合金の特性予測のための材料設計プログラムを用意した。そのプログラムは、既存の実験データを重回帰分析した経験則モデルに基づくものである。これによって、900°Cにおける γ および γ' 相の組成や量比などの組織予測、高温での強度などの機械的特性の予測が出来る。さらに、合金組成を入力することによって組織と機械的特性が予測出来る。このシミュレータをインターネット用ブラウザから予測したい合金の化学組成を指示範囲に従って入力すれば、計算結果が得られる。

このシミュレータを用いて、合金の機械的特性に及ぼす添加元素の影響を予測した。市販合金CMSX-4を基にMoの添加量を $\pm 0.8\%$ 増減したときの高温クリープ破断寿命（一定温度、一定荷重下での破断寿命）、 γ' 相の量比および γ 相との格子定数の差（ミスフィット）の変化を表している。Moの添加量が増えるにしたがって、高温クリープ破断寿命と γ' 相の量比が増加することが分る。この現象の金属学的な解釈は本稿の主旨でないので避けるが、多くの元素から成る複雑な合金系について合金組成と機械的特性および金属組織などの関係を比較的容易に把握できる。

5. リアルタイム動画伝送

高価なあるいは管理が大変な高性能の実験施設をより手軽に利用しようとするものである。遠隔実験手法が確立すれば、遠隔地からインターネットを介して高度な実験を、実験施設まで出向かなくても身近で行える。一方、材料分野の実験では、光学・透過電子顕微鏡等の金属組織の画像やアトムプローブ(ATFIM)のような動画が実験結果として得られるものが多い。したがって、公開実験には遠隔実験の機能が、材料設計した材料の実証を行う上で不可欠である。その基本機能が実験結果の画像の伝送であり、とくにリアルタイムで動画の伝送が容易に行なえれば実験効率をあげることが出来る。そのため、図2のような、遠隔実験のための情報発信サーバーの機器構成のシステムを構築した。

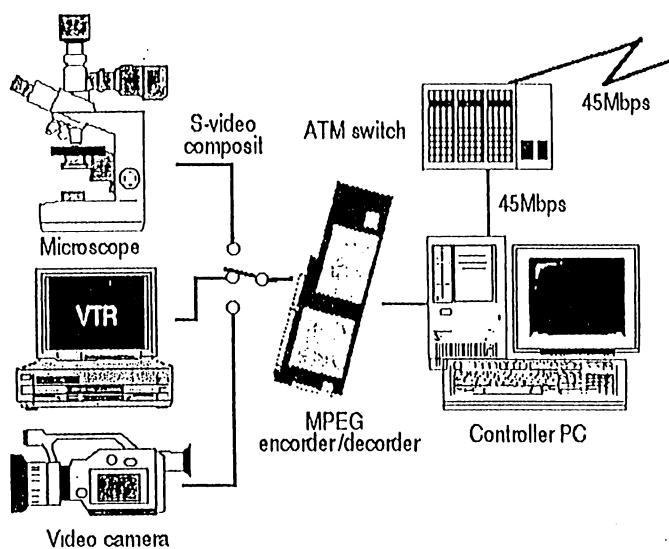


図2 遠隔実験のためのリアルタイム動画伝送システムの機器構成

動画として、光学顕微鏡像のCCDカメラ像、電子顕微鏡とアトムプローブのビデオ像、スーパーコンピュータで分子動力学計算による破壊過程のビデオ像の3種類と日常の研究活動のビデオカメラ像をもちいて、それぞれの動画の伝送状態を調べた。この伝送システムの伝送速度は1秒間に30frameである。したがって、画質の状態はframe数を調べれば、伝送による画質の低下が判断出来る。もちろん、動画がフリーズ（動画が止まること）を起こすのがもっとも悪い場合である。

6 実証試験

公開実験室の各機能の総合性能を調べるための実証試験を実施した。その試験は、NRIM-JST-MSUとの間で行った。その結果は以下のものであった。

インターネットで一般に使用されている画像転送や会議システムのソフトウェアはデータ伝送能力が低く抑えられている。また、ハードウェアも大量の画像データの表示能力が充分でない。すなわち、回線の伝送能力よりも、ハードウェアとソフトウェアの能力に依存する結果を得た。今後、安価なハードウェアでも大量の画像データの表示能力の改良が必要であろう。もちろん、同時にいくつもの種類の大量のデータ伝送が各所で行われるようになれば、幹線の転送速度は速くしなければならないことは言うまでもない。画質は、モニターの解像度によるが、材料分野の画像データとして利用に耐えるものであった。しかし、現システムのテレビ会議室の機能は、音質はかろうじて会話が成立する程度で、音声の収録の改良と圧縮解凍の転送技術の向上が必要である。

また、遠距離へのデータ転送に伴う転送時間の影響についても検討の余地があることが判明した。NRIM-JST間では、通信速度(pingによる測定)が4msであるのに対して、NRIM-MSU間では200msである。その結果、遠距離では通常のTCP/IPからUDPのプロトコルでなければ、動画像の伝送が行えない。この場合、UDP方式では、マシンの性能によっては、動画像の表示速度が伝送速度より遅く、画像の凍結が起こり易いなどの不都合が生じる。この場合でも、材料分野の動画像は日常の画像と比較して、frame毎の変化があまり大きくないので凍結も多くなかった。

7. おわりに

金属材料に生じる現象の解明や材料開発のための総合的な情報システムとして、本プロジェクトにおいて材料情報システムを試作し、45Mbpsのネットワーク回線での実証試験を行った。このようなシステムがインターネットに提供できれば、より効率的に金属材料に関する問題を解決することが可能となるであろう。さらに、世界規模で大容量のネットワーク回線が整備されれば、国境を越えた材料分野の研究者や技術者の交流が図られ、材料分野の発展に寄与するであろう。今後、この材料情報システムの充実を図るためには、高品位の動画像や音声の送受信システム、データベース、各種のデータ解析システムが有機的に統合できるユーザーインタフェースを構築する必要がある。

参考文献

- (1) 藤田充苗 他、「分散型材料特性データベース」、第2回知識情報学会講演論文集 (1994) p 39