

## 海外研究機関での研修報告書

2010/12/16

技術部 環境建設技術系 技術職員 佐藤 宇紘

標記，海外研究機関での研修内容を報告する。

### 1) 受入機関

「Laboratoire 3S-R, University Joseph Fourier, Grenoble INP, CNRS」

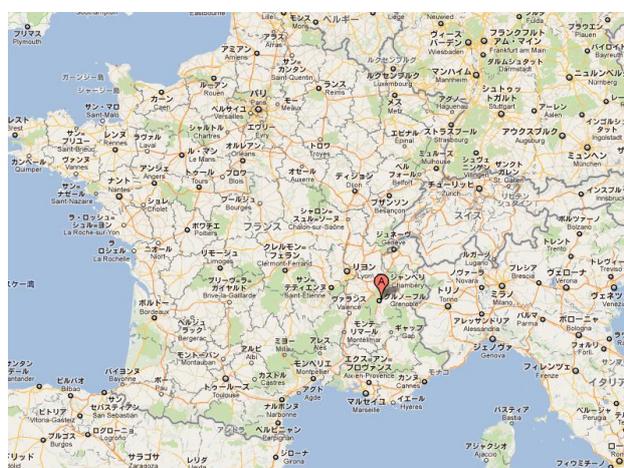
Grenoble, FRANCE

### 2) 研修期間

2010/12/7 ~ 2010/12/15 の1週間

### 3) 研修指導者

高野 大樹 (Laboratoire 3S-R 特別研究員)



### 4) 研修目的

フランスのグルノーブルにあるジョセフ・フーリエ大学所属の Laboratoire 3S-R 所有の最先端の X 線 CT スキャナ装置を視察する。視察では以下の二点について重点的に知見を得て、有用と考えられるものについて訪問後の日常業務等への反映することとする。

- ・研究内容 (マイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナの研究への応用状況と装置管理・メンテナンスについて)
- ・計測機器，解析ソフト (その他最新の実験装置や解析ソフトの利用状況やトレンドについて)

地盤・岩盤工学の分野でも実験の新しい計測技術として注目されている「X 線 CT スキャナ」について，装置管理のための基礎技術から最新の研究対象までその動向を調査する。

特に，マイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナは本年度本学に導入されており，その高度利用のための研究内容視察を主目的とする。また，平成 22 年度 科学研究費補助金 (奨励研究) の研究テーマ「粒状集合体の 3 次元挙動の計測を目的とした X 線 CT スキャナ汎用マーカの開発と適用」で開発中の計測技術の今後の利用方法について情報交換を行う。

## 5) 研修の概要

受入れ予定先のジョセフ・フーリエ大学では、最新型のマイクロフォーカス型 X 線 CT スキャンを自主設計・製作しており、その装置管理のノウハウはもとより、基礎利用から先進的な応用まで幅広い研究成果を持っている。今回の訪問では装置の特徴を把握して、その特徴に合った具体的な研究利用方法について情報収集を行った。特に、地盤工学分野に対する計測新技術とデータ処理法について最新の計測技術と応用方法に関する情報を得ることができた。

### ・マイクロフォーカス型 X 線 CT 装置と画像処理手法について

装置は密閉型 X 線装置であり本学所有の X 線装置と同じではあるが、様々なサイズの供試体に対応できるように装置内部高が大きくとられており、回転テーブルもより重量物に対応できるようになっている。X 線源は本学の開放管型とは異なり、密閉管型を採用している。この密閉管型 X 線源の利点としては放電の発生が抑えられ照射 X 線エネルギーが安定し長時間の使用に耐えられるが、一方で画像の解像度が若干落ちることやランニングコストが高くなるという欠点もある。本学の X 線 CT 装置を最も活用できる状態にするには現存の X 線源のスペックや特徴について最新の情報を集めてコストパフォーマンスを含めた検討を行う必要があると考えられる。また、特定の企業から装置一式と情報処理ソフトをパッケージで購入すると内部の情報処理などが不透明になり他の情報処理ソフトなどとの互換性が低くなることが多い。今後の装置購入に際しては海外のオープンソフトなどの有用な情報を広く集めることがよりよい装置導入につながることを学んだ。

### ・保守管理体制について

本学同様に技術職員が大型装置の保守管理を行っている。ただし、利用者は博士後期課程以上の特定の研究者ばかりであるため、不特定多数が装置を利用する場合に生じる問題や様々な雑務は発生していないようである。

### ・粒子マーカーの撮影及び実験利用に関する打合せ

粒子マーカーの撮影を行った後、今後利用可能な実験について打合せを行った。具体的には一面せん断試験などの要素試験や鋼材と粒子などの接触境界問題に対して利用することでこれまで検討が不可能だった粒状集合体の局所的な回転変形なども追跡可能になることを確認した。



- ・最新の研究内容について

空隙を多く持つ砂岩の三軸圧縮試験を行い、拘束圧の違いによる内部破壊現象の変化について詳しい観察実験がなされていた。ある拘束圧下ではコンパクションバンドと呼ばれる圧縮破壊現象の観察に成功しており、これまで実験で観察された例が無い非常に新しい結果が得られていた。

## 5) 研修で得た情報の取りまとめ

- ・画像再構成に関して「Digi CT」

フランスの disisens 社で開発されている逆解析ソフトで GPU による並列計算により画像再構成が圧倒的に高速になる。グルノーブルでは DigiECT を利用している。本学の CT 装置のメーカーである東芝には現装置の逆解析処理に関する詳細を確認する必要があるが、元データの形式についての情報開示があれば、ソフト及びそれに適した計算機 (GPU) の導入でより処理が高速になる可能性がある。(東芝に確認しなくても生データを開いてみれば tiff 画像の羅列である可能性は高い。) 回転軸の微調整などを逆解析の簡易計算結果から判断して自己決定できるので、現在の微軸調整器などは使用する必要が無くなると考えられる。

<http://www.digisens.fr/en/>

- ・画像処理ソフトに関して「Visilog / Avizo」

得られた 3 次元データの様々な解析と表現が可能になるパッケージソフトウェアであり、粒子や空隙の分離などが容易になると考えられる。

<http://www.noesisvision.com/en/visilog.html>

<http://www.maxnt.co.jp/MaxnetProducts/Visilog/index.htm>

<http://www.maxnt.co.jp/MaxnetProducts/Avizo/index.htm>

- ・X 線源に関して

現在導入しているの開放管型 X 線源の利点として以下が考えられる。

フィラメントの交換が自前で出来るためランニングコストは安い。

一般的に密閉管型と比べて焦点サイズが小さいため解像度が上昇する。

欠点としては

密閉管型と比べて放電の発生や照射 X 線エネルギーが不安定になる。

そのため

長時間の撮影に不向き

フィラメントを交換すると CT 値がずれるなど、画像処理上での校正に大きな手間がかかる

現在の X 線源のスペックや特徴について最新情報を集めて、コストパフォーマンスを含めて CT 装置を最も活用できる線源を検討する必要があると考えられる。グルノーブルでは X 線源として密閉型を利用している。装置の利用頻度はかなり高かったようだが、3 年間の使用で一回の交換を行った程度とのこと。

- ・その他

マイクロフォーカス CT の実験でかつ計測 BOX 内部での遠隔実験が可能な場合は、一定方向か

らの透視画（レントゲン画像）を微小ステップごとに連続的に保存しておくことで実験結果の速報的な情報として利用できる。また、撮影時間よりも短い時間で生じる現象の観察（たとえば土中透水や振動など）については CT 装置としてではなくレントゲン装置としての利用も大いに考えられる。

### 付録 マイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナの概要

病院等で使用されている医療用 X 線 CT スキャナと基本的な原理は同じであり、対象となる試験体内部の密度分布を非破壊検査できる。現在、産業用 X 線 CT スキャナが本学にも導入されており、岩盤・地盤の研究分野でその内部構造の変化を捉えるための重要なツールとして利用されているが、研究への適用が不可能な実験条件も少なからず存在する。

既存の産業用 X 線 CT スキャナとこの装置の特徴な違いを以下に列挙する。

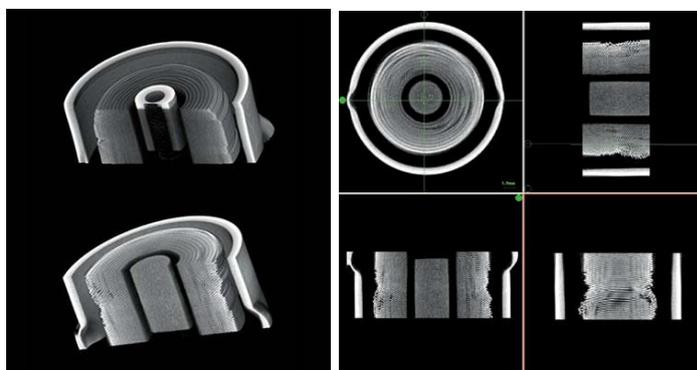
- ・開放型 X 線管で電子焦点範囲が可変のため、X 線をマイクロレベルの領域から発生させることが可能で、得られる画像の解像度が非常に高い。
- ・透過 X 線量の測定装置であるディテクターが面状であるため、一度のコーン型 X 線の照射で 3 次元方向の連続的な断面画像が短時間で収集可能である。

以上より、マイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナは

- ・十分な分解能を持つため、試験体の微小な内部密度変化に対しても計測が可能である。
- ・多断面の検査に多くの時間を費やす必要がなくなり、実験が簡素化されると同時に、これまで時間的な制約によって不可能であった時間変化を伴う実験にも対応が可能となる。



マイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナの一例：島津製作所 HP より



マイクロフォーカス型 X 線 CT スキャナ撮影例（コイル断面画像）：島津製作所 HP より