

Contents

- 軽量プログラミング言語 Python のすすめ … 1
- チリ沖で発生する海溝型地震のアスペリティの推定 … 6
- 大阪堆積盆地浅層地盤構造モデル出版のお知らせ … 9
- 外部委員会活動報告 2011年10月 … 9
- 地質調査総合センター (GSJ) 第18回シンポジウム開催のお知らせ … 10

TOPICS 軽量プログラミング言語 Python のすすめ

竿本英貴 (地震災害予測研究チーム)

自己紹介

2011年4月から活断層・地震研究センター地震災害予測研究チームに配属されました竿本(さおもと)と申します。前職では、自動車関連企業の研究所にて活動しておりましたが、ご縁があって現職となりました。今後ともご指導のほど、よろしくお願ひ申し上げます。

今回は自己紹介を含め、最近の関心事の1つである軽量プログラミング言語の1つである、Pythonでのプログラミングについて紹介させていただきます。

1. はじめに

近年のコンピュータの発達はめざましく、数値解析や画像処理、テキストマイニングなど様々な分野で積極的に使用されていることは周知の事実であります。コンピュータに何らかの作業をさせたい場合、作業内容をプログラミングするということが少なくありません。プログラミングにはコンピュータ言語(以下、言語)が用いられますが、C言語やFortran等、様々な言語が存在しているのが現状です。これらの言語は一長一短であり、希望の作業内容が容易に記述できる言語を選ぶ、というのが良い方法ではありますが、作業内容毎に言語の勉強をする必要があります。とても大変です。言語を勉強するという観点からは、なるべく1つの言語でいろいろなことをやりたい、というのが私の願望であり、同じように感じる方もいらっしゃるかも知れません。この問題について調べた結果、私の場合は軽量言語の1つであるPythonを利用することにしました。

Python[1]は、1990年ごろからGuido van Rossum氏らによって開発されており、無償で提供されています。特長としては、「シンプルで習得が容易」、「マルチプラットフォーム(Unix, Win, Mac)」、「オブジェクト指向」、「商用利用可能」、など多々あり、FacebookやGoogleでも使われているようです。また、理工系用のライブラリも豊富に用意されており、開発にかかる時間を短縮できる可能性が高いのも魅力的です。基本的な使い方としては、Python単体で作業をするよりも、何種類かのライブラリをPython内で呼び出し、連携させて作業を行うことが多いかと思ひます(図1)。本稿では、このPythonの利用事例をいくつか紹介したいと思ひます。

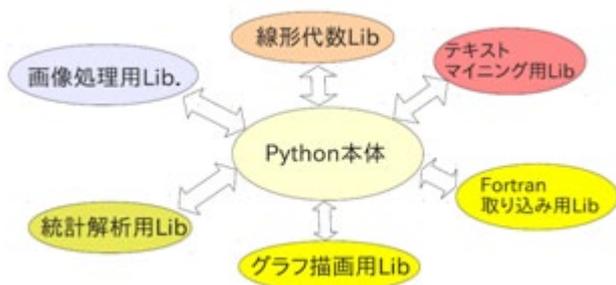


図1 Python 本体と各種ライブラリとの連携.

2. Python の応用事例

2-1. 画像処理への応用

ここでは、画像のノイズ除去について紹介します。図2 (a) は、複合材料の X 線 CT 画像 [2] を示しており、画

像中には、多数の水平方向に走る線状のノイズが確認できます。このノイズを高速フーリエ変換を利用して除去します。プログラムに用いたライブラリは、線形代数用のライブラリの「numpy[3]」、高速フーリエ変換を含むライブラリの「scipy[4]」、画像処理用ライブラリの「PIL (Python Imaging Library) [5]」です。

この作業のキーポイントは、(1) 画像の取り込みと書き出し、(2) 高速フーリエ変換 (2 次元) に集約できますが、PIL を用いることで (1) の作業は「`im=Image.open('test.png')`」, 「`fimg.save('result.png')`」などと記述すればよく、劇的にタイプ量を

削減することができます。さまざまな形式のファイルに対するインターフェースがすでに用意されていることだけでも、Python の恩恵を十分に受けることができます。次に (2) の 2 次元高速フーリエ変換の箇所ですが、「`F=fftpack.fft2(ff)`」などと記述するだけです。図2 (b) は、フィルタリング後の画像を示しています。線状のノイズが除去されていることが確認できます。

2-2. 関数の最小化問題への応用

コストやエネルギー等が関数 (目的関数) として記述される場合、この関数を最小化するような変数の組を探索する必要があります。ここでは、PSO (Particle Swarm Optimization) [6] という方法を Python により実装し、テストとして用意した関数の最小値を探索します。PSO は、魚群や鳥の群の中の 1 つ個体が餌を発見した場合に、残りの個体も素早く追従することに着目して考案されたものであり、個体の位置と速度を更新しながら最適解を探索する方法で、発見的手法の 1 つとして位置づけられています。

テストに用いた関数は、次式で表される $2n$ -minima 関数 [7] であり、ベンチマーク用関数の 1 つとしてしばしば用いられます。

$$f(x_1, x_2, \dots, x_N) = \sum_{i=1}^N (x_i^4 - 16x_i^2 + 5x_i) \rightarrow \min$$

$$-5.0 \leq x_i \leq 5.0 \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

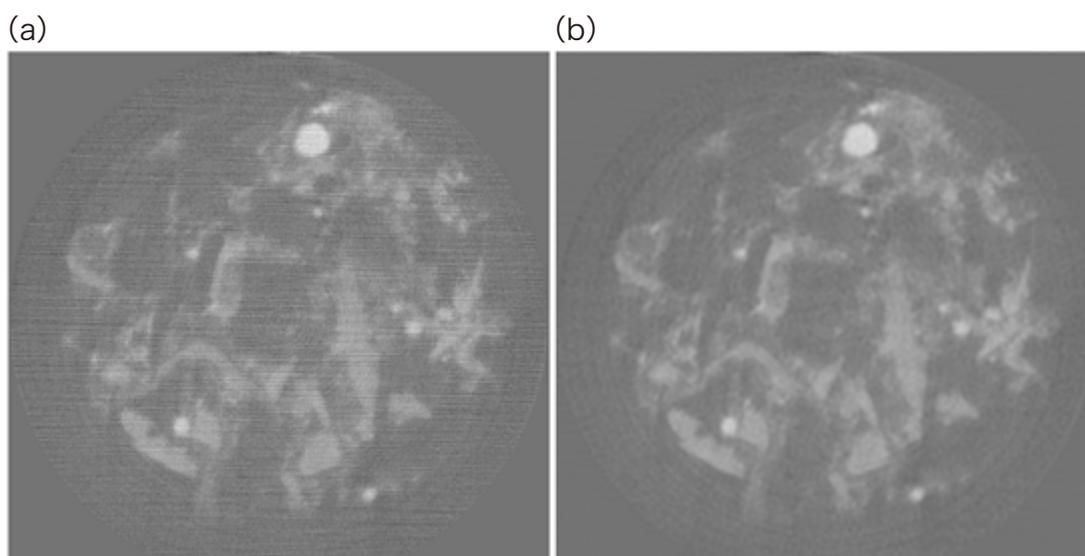


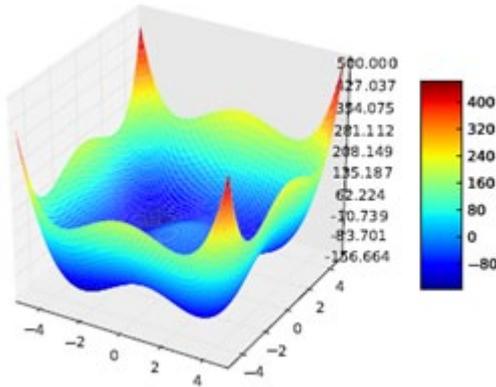
図2 ノイズの乗った複合材料の X 線 CT 像 [2] に対するフィルタリング操作。
(a) フィルタリング前. (b) フィルタリング後.

なお、この関数の最小値は解析的にわかっており、最適解は $x_G(N \text{次元ベクトル}) = (-2.9035, -2.9035, \dots, -2.9035)$ 、関数の最小値は $-78.319N$ となります。変数の数を $N = 2(x_1, x_2)$ とした場合について、関数の形状を描いたものが図3です。プロットには、「matplotlib[8]」というライブラリを用いました。変数が2個の $2n$ -minima 関数は、関数定義域の中央部がわずかに高い丘ようになっており、第1から第4の各象限に極値が1つずつ存在していることがわかります(図3(b))。この場合の最適解は、 $(-2.9035, -2.9035)$ であり、図3(b)の第3象限の極値に対応しています。このプログラムのキーポイントは、ベクトル同士の和ですが、numpyの記述方法により、タイプする量が減ります ($c=a+b$

と記述、 a, b, c はベクトル)。

図4(a)は、計算ステップと目的関数の関数値の関係をプロットしたもので、30ステップ程度で目的関数が最小値に達していることが確認できます。図4(b)は、個体No.01が最適解 $(-2.9035, -2.9035)$ へ収束していく軌跡を示したもので、計算ステップが進むにつれて最適解付近に個体No.01が留まるようになっていくことがわかります。今回用いた $2n$ -minima 関数は、最適解を探索するのが困難な関数の1つですが、変数の数が10程度の場合でもPSOによって最適解が求められることを確認しました。ただし、変数が10程度の場合は、かなりの計算時間を要します。

(a)



(b)

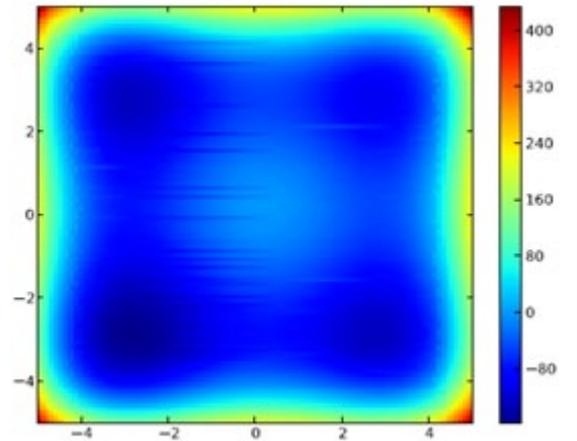
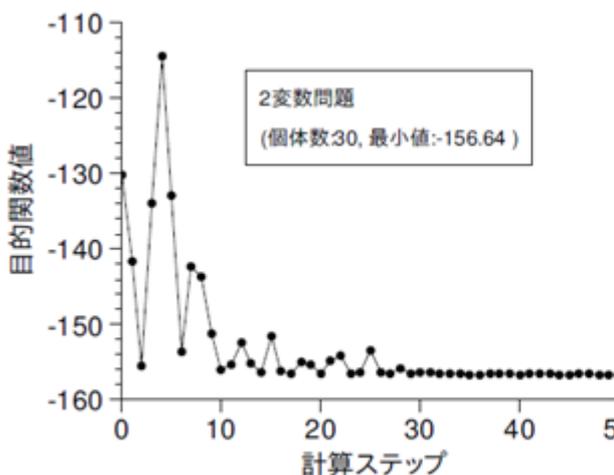


図3 $2n$ -minima 関数(変数が2個の場合). (a) $2n$ -minima 関数の3Dプロット. (b) $2n$ -minima 関数2Dプロット.

(a)



(b)

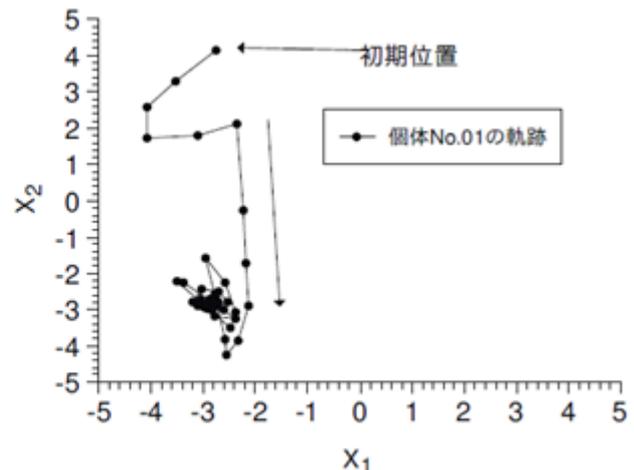


図4 PSOによる $2n$ -minima 関数の最小値探索(変数が2個の場合). (a) 関数の最小値への収束状況. (b) 最適化過程における個体No.01の軌跡.

2-3. グラフィックボード上での数値計算への応用
グラフィックボードを利用した汎用計算は、GPGPU (General-Purpose computing on GraphicsProcessing Units) と呼ばれ、近年活発に研究されています [9][10]。実装は、Nvidia 社が提供するグラフィックボードと、これを操作するためのプログラミング環境 CUDA[9](Compute Unified Device Architecture, 無償提供) によるものがほとんどであり、CPU よりも計算速度が大幅に向上した事例が報告されています。C 言語に慣れたユーザは、CUDA プログラムを直接書くことで GPU を操作しますが、Python ユーザは、CUDA の Python ラッパーである PyCUDA[11] を用いることで Python 的な書式を通じて GPU を操作できるようになります。ここでは、PyCUDA に加え、Scikits.cuda[12] というライブラリ (GPU での線形代数用) を用いて、CPU と GPU の計算時間の比較を行いました。比較に用いた CPU は、Intel Core i7 X990 (3.47GHz)、GPU は、Nvidia GTX580 (1.5GB) です。例題として、(1)1 次元の高速フーリエ変換と (2)2 つの行列の掛け算の 2 つを取り上げました。

図 5 に結果を示します。高速フーリエ変換の場合には、配列のサイズが 14 万程度で両者の計算時間が一致します。これより大きなサイズでは、GPU

が圧倒的に有利であり、計算時間は 100 倍以上速くなりました。行列の掛け算の場合も同様の傾向であり、配列のサイズが小さい場合は、CPU の方が計算は速いですが、サイズが大きくなるにしたがって、GPU の優位性が認められるようになりました。

3. おわりに

冒頭に述べたように、コンピュータ言語には一長一短があり、万能と言えるようなものはありませんが、Python は周辺ライブラリと積極的に連携することで、さまざまな用途に利用することが可能です。膨大な量の周辺ライブラリの検索については、ポータルサイト PyPI[14](Python Package Index) が役に立ちます。

これからどの言語を勉強しようか、と考えておられる方がいらっしゃいましたら、Python を試されてはいかがでしょうか? 理工系でよく用いられる周辺ライブラリである、Numpy と Scipy を使用するだけでも、かなりのことができるようになると考えられます。なお、本稿で用いた Python スクリプトは、著者のウェブサイト [15] よりダウンロードできますので、ご興味のある方は、ご自由にお使いください。

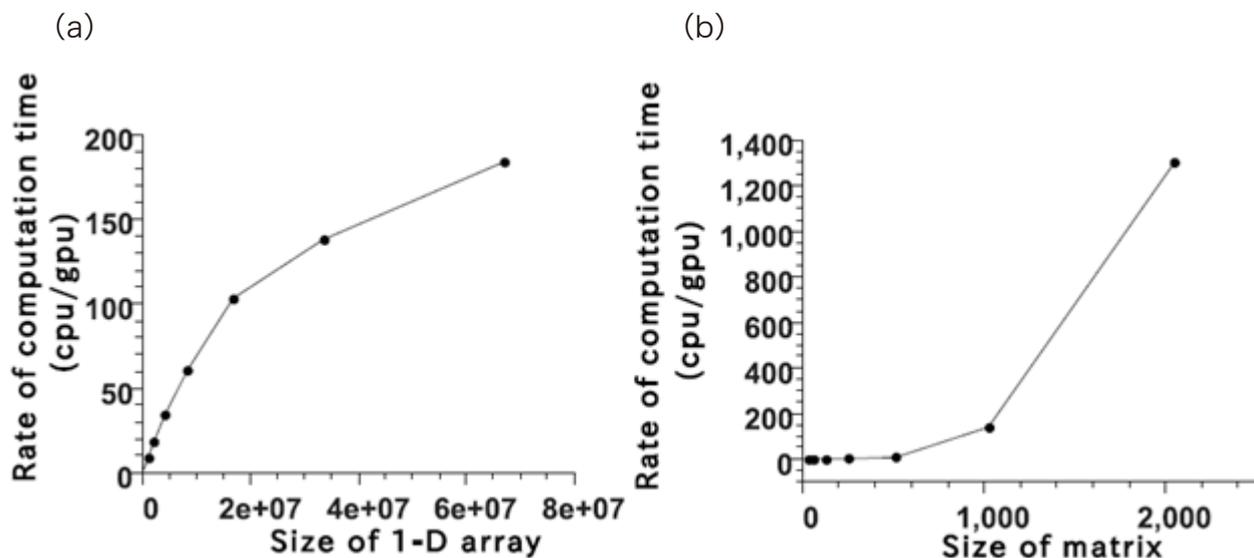


図 5 CPU と GPU の計算速度の比較。(a) CPU と GPU の比較 (FFT)。(b) CPU と GPU の比較 (行列の掛け算)。

謝辞 Python および周辺ライブラリの開発者たちが、無償で成果を提供されていることに敬意を払い、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 日本 Python ユーザ会のウェブサイト：<http://www.python.jp/Zope> (2011年1月アクセス)
- [2] 竿本, 後藤, 杉浦, 表, 田中, 山口: X線を用いた複合材-金属板界面の圧縮せん断挙動の可視化, 平成22年度 SPring-8 重点産業利用課題成果報告書 (2010A), 2010A1756, 2010.
- [3] NumPy のウェブサイト：<http://numpy.scipy.org/> (2011年10月アクセス)
- [4] Scipy のウェブサイト：<http://www.scipy.org/> (2011年10月アクセス)
- [5] PIL のウェブサイト：<http://www.pythonware.com/products/pil/> (2011年10月アクセス)
- [6] Russell C. Eberhart and Yuhui Shi Particle Swarm Optimization: Developments, Applications and Resources, Proc. of the 2001 Congress on Evolutionary Computation, Vol.1, pp.81-86, 2001.
- [7] 相吉英太郎, 安田恵一郎: メタヒューリスティクスと応用, 電気学会, 2007.
- [8] matplotlib のウェブサイト：<http://matplotlib.sourceforge.net/> (2011年10月アクセス)
- [9] CUDA のウェブサイト：http://www.nvidia.co.jp/object/cuda_home_new_jp.html (2011年10月アクセス)
- [10] GPU コンピューティングの事例紹介：http://www.nvidia.co.jp/object/tesla_computing_solutions_jp.html (2011年10月アクセス)
- [11] PyCUDA のウェブサイト：<http://mathematician.de/software/pycuda> (2011年10月アクセス)
- [12] Scikits.cuda のウェブサイト：<http://lebedov.github.com/scikits.cuda/> (2011年10月アクセス)
- [13] pythonxy のウェブサイト：<http://www.pythonxy.com/> (2011年10月アクセス)
- [14] PyPI のウェブサイト：<http://pypi.python.org/pypi> (2011年10月アクセス)
- [15] 本稿で用いた Python スクリプトのセット：http://staff.aist.go.jp/h-saomoto/python_scripts.zip (2011年11月アクセス)



チリ沖で発生する海溝型地震のアスペリティの推定

林田拓己（地震災害予測研究チーム）

1. はじめに

活断層・地震研究センターに特別研究員として赴任し、早くも1年が経とうとしています。新たな環境に慣れつつあった矢先に東北地方太平洋沖地震が発生し、私の産総研での研究生活は波乱含みの中でのスタートとなりました。一方で、福島県浜通りの地震断層調査への参加や今回の地震・津波によって被災した地域の視察等を通じ、地震研究者としての志や研究に対する姿勢についてより強く認識した1年であったと思います。今後も、皆様と議論をさせて頂く機会を大事にし、しっかりと根の生えた研究者となれるよう取り組んで参りたいと思っています。

私は昨年まで、京都大学防災研究所に日本学術振興会特別研究員として在籍していました。所属していた研究室では、学位論文で取り組んだ研究テーマ（西南日本の広域地震波速度構造に関する研究）を進展させるとともに、チリ中部で発生した地震（マウレ地震）の震源モデルに関する研究も行っていました（Hayashida and Mori, 投稿中）。本稿ではそのマウレ地震に関する研究結果を紹介し、また、その結果と東北地方太平洋沖地震の震源モデルとの関連性についても述べたいと思います。

2. 2010年マウレ地震と1985年サンティアゴ地震

2010年2月27日にチリ中部沿岸を震源とする巨大地震（Mw 8.8）が発生し、それに伴う地震動や津波によってチリ国内で大きな被害が生じました。この地震による津波は日本でも観測され、東北地方の太平洋沖を中心に漁業被害等の影響があったことは記憶に新しいと思います。チリ沖では、ペルー・チリ海溝において太平洋側のナスカプレートが南米プレートの下に沈み込んでおり、この地域では過去にもM8を超える海溝型地震が繰り返し発生しています（図1a）。マウレ地震の震源域では1835年にも大津波を伴う地震（コンセプション地震；推定M8.5）が発生しており、予てより巨大地震が発生する可能性のある地震空白域であるとされていました。近年では、GPS観測に基づくプレート間カップリングの推定が行われており、その解析結果からもこの地域で近い将来M8を超える巨大地震が発生することが指摘されていました（Ruegg *et al.*, 2009）。

2010年マウレ地震の震源断層の破壊過程は、多くの研究者によって様々なデータ（地震波、津波、GPS、干渉合成開口レーダー等）に基づく推定がなされています。解析者や用いるデータによって解釈の差異はあるものの、震央の北側にすべりの大きい領域（アスペリティ）が存在すること（例えばLay *et al.*, 2010; Tong *et al.*, 2010）、そして周波数帯域によって破壊過程の様子が異なること（Kiser and Ishii, 2011; Wang and Mori, 2011）などが明らかになっています。この地震の余震分布に着目すると、余震域は沈み込み帯に沿って南緯33度から39度あたりにまで及んでいることが分かります（図1b）。多くの震源モデルもこの余震域とほぼ対応していることから、マウレ地震は南北500 km以上に及ぶ領域で発生した地震であると考えられています。

一方、1985年3月3日にバルパライソ沖で発生したサンティアゴ地震（Ms 7.8）の震央は2010年マウレ地震の震源の320 km北側に位置しています。この地震においても、地震動や津波による被害が発生しています。サンティアゴ地震とマウレ地震は一見、異なる断層セグメントで発生した地震である

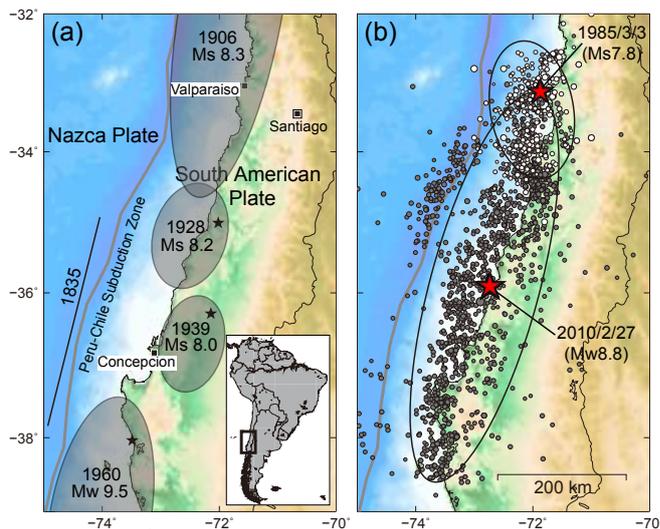


図1 (a) チリ中部の沈み込み帯で発生した20世紀以降の地震（ $M \geq 8$ ）の推定震源域。1939年の地震に関しては、推定された震源の深さや地震波形記録から、スラブ内地震であったと考えられている（Campos *et al.*, 2002）。(b) 2010年マウレ地震の余震分布（黒丸）と、1985年サンティアゴ地震の余震分布（白丸）。ISC地震カタログから、本震発生後1カ月以内の地震（ $M > 3$ ）を表示している。

ように思われますが、両者の余震域を比較してみると、サンティアゴ地震の余震域の大部分がマウレ地震の余震域の中に含まれていることが分かります(図1b)。マウレ地震の主要なアスペリティが震源断層の北側に位置していることを踏まえると、両者のアスペリティが同一のセグメント上に位置している可能性も考えられます。

繰り返し発生する地震のアスペリティの位置に関しては、現在までに多くの議論がなされてきました。プレート上の固着域は決まっており、ほぼ同じ場所で同じ規模のすべり量を伴う地震が周期的に発生するという見解(固有地震説)が広く支持されている一方、同じセグメントであっても、すべる領域とすべり量は地震によって異なるといった見解も少なからず報告されています。これらを議論するには、同じセグメントで発生した複数の巨大地震の震源域を同じ手法によって推定し、両者の結果を比較することが最も直接的であると考えられます。当解析では、1985年サンティアゴ地震と2010年マウレ地震の震源域がオーバーラップしているか否かを検証し、それぞれのアスペリティの位置、すべり量の大きさを比較しました。

3. 両地震の断層モデルの推定と比較

当解析では、震央距離 30° - 100° の遠地実体波による波形インバージョン(Kikuchi and Kanamori, 1991)を行いました。震源域を囲むように配置された観測点の記録からP波ならびにSH波部分を抽出し、その波形記録を用いて震源モデルの推定を行いました。なお、マウレ地震に関してはIRIS(Incorporated Research Institutions for Seismology)の広帯域地震計による波形記録、サンティアゴ地震に関しては複数の機関が所有する長周期地震計の波形記録を使用しました。まず、点震源を仮定して震源の深さ、および震源メカニズムの推定を行い、その結果を先験情報として波形インバージョンを行いました。仮定する断層の大きさは、余震域も考慮してマウレ地震では $510\text{ km} \times 200\text{ km}$ 、サンティアゴ地震では $150\text{ km} \times 90\text{ km}$ と設定しました。

得られた結果を図2に示します。2010年マウレ地震では断層面の浅い部分(海溝寄り)でのすべり量が大きく、特に震央の北西側においては最大17mに及ぶすべり領域が存在することが示唆される結果となりました。この結果は、遠地実体波を用いた他論文での解析結果(例えばLay *et al.*, 2010)や渉合成開口レーダーを用いたインバージョン結果(Tong *et al.*, 2010)とも調和的です。一方、サンティアゴ地震では、初期破壊は小さく、震央南側にアスペリティが存在するという結果を得ました。

最大すべり量は4.3mでMwは8.0と推定されました。サンティアゴ地震のアスペリティ位置に関しては解析者による解釈の違いがありますが、地震波形に見られるディレクティブティ効果や表面波の解析結果と照らし合わせると、主破壊が南方向に進んでいることが示唆されており、本研究で推定されたモデルの信頼性は高いと考えられます。

ただし、遠地実体波の解析による断層面上の空間解像度は他の手法(近地強震記録、地殻変動記録)と比較すると低いため、この結果のみによって、断層面上でどこまで破壊が進行したのかといった議論を行うことは難しいと考えられます。そこで本研究では、アスペリティの位置や大きさを変えた場合の波形の再現性なども比較検討し、アスペリティ位置の信頼性に関する検証を行いました。その結果、マウレ地震の破壊は少なくとも南緯33度までは及んでおり、サンティアゴ地震の破壊も南緯34度程度にまで及んでいることがわかりました。このようにして得られた2つの地震の震源モデルの比較によって、両者のアスペリティは重なっているものの完全にオーバーラップしておらず、またすべり量も異なっている可能性を示しました。

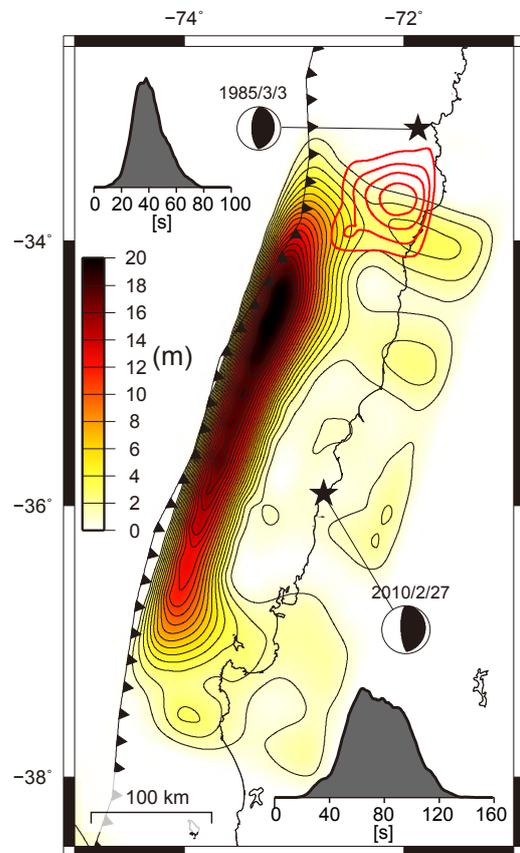


図2 2010年マウレ地震(黒線)と1985年サンティアゴ地震(赤線)のすべり量、震源時間関数の比較。すべり量のコンター間隔は1m。

4. 2010年マウレ地震・2011年東北地方太平洋沖地震がもたらす教訓

チリ中部沖ではM7-8クラスの地震が繰り返し発生しており、各地震の震源域の位置は地震波形記録などによって推定されています（例えば Beck *et al.*, 1998; Campos *et al.*, 2002）。地震波形記録のある20世紀以降に発生した地震[1928年（M8.2）、1960年（M7.9）、1975年（M7.8）]の震源域はマウレ地震の断層面上に位置していると考えられていますが、推定された過去の地震の震源域の位置を見ると、サンティアゴ地震同様必ずしも一致していない可能性が示唆されます（図3）。同じ断層面上であつてもすべる場所が地震によって異なるということは、100年程度の地震波形記録のみに基づいた「固有地震」モデルでは巨大地震の震源モデルを推定することが困難であることを意味しています。2011年東北地方太平洋沖地震では、単一セグメントでの固有地震モデルのみに基づいた地震・津波被害評価が結果として「想定外の地震」という見解を招いたとされています。チリ中部沖、東北地方太平洋沖で発生した2つの巨大地震が地震学にもたらしたものは、将来の巨大地震の被害予測において、同じ断層面上でも過去の地震と異なる破壊過程やすべり量等の可能性を考慮すべきであるという教訓であると思ひます。

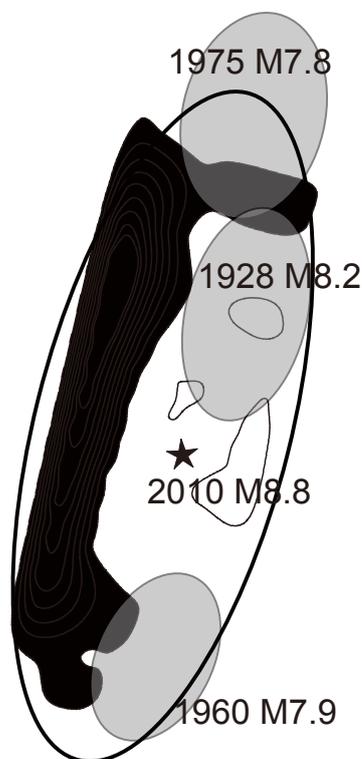


図3 2010年マウレ地震のアスペリティ（黒枠内）と20世紀以降のプレート間地震（M>7）の震源域。

参考文献

- Beck, S., S. Barrientos, S. E. Kausel, and M. Reyes (1998), Source characteristics of historic earthquakes along the central Chile subduction zone. *J. South Am. Earth Sci.* 11, 115-129.
- Comte, D., A. Eisenberg, E. Lorca, M. Pardo, L. Ponce, R. Saragoni, S. K. Singh, and G. Suárez (1986), The 1985 central Chile earthquake: A repeat of previous great earthquakes in the region?, *Science*, 233, 449-453, doi:10.1126/science.233.4762.449.
- Hayashida, T., and J. Mori (2010), Asperity patterns on the same subduction segment; Interpretation from rupture processes of the 1985 and 2010 Chile earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, in submission.
- Kikuchi, M., and H. Kanamori (1991), Inversion of complex body waves-III, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 81, 2335-2350.
- Kiser, E., and M. Ishii (2011), The 2010 Mw 8.8 Chile earthquake: Triggering on multiple segments and frequency-dependent rupture behavior, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L07301, doi:10.1029/2011GL047140.
- Lay, T., C. J. Ammon, H. Kanamori, K. D. Koper, O. Sufri, and A. R. Hutko (2010), Teleseismic inversion for rupture process of the 27 February 2010 Chile (Mw 8.8) earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L13301, doi:10.1029/2010GL043379.
- Ruegg, J. C., A. Rudloff, C. Vigny, R. Madariaga, J. B. de Chabaliér, J. Campos, E. Kausel, S. Barrientos, and D. Dimitrov (2009), Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepción in Chile, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 175, 78-85, doi:10.1016/j.pepi.2008.02.015.
- Tong, X., D. Sandwell, K. Luttrell, B. Brooks, M. Bevis, M. Shimada, J. Foster, R. Smalley Jr., H. Parra, J. C. Báez Soto, M. Blanco, E. Kendrick, J. Genrich, and D. J. Caccamise II. (2010), The 2010 Maule, Chile earthquake: Downtip rupture limit revealed by space geodesy, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L24311, doi:10.1029/2010GL045805.
- Wang, D., and J. Mori (2011), Frequency-dependent energy radiation and fault coupling for the 2010 Mw8.8 Maule, Chile and 2011 Mw9.0 Tohoku, Japan Earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, in press.

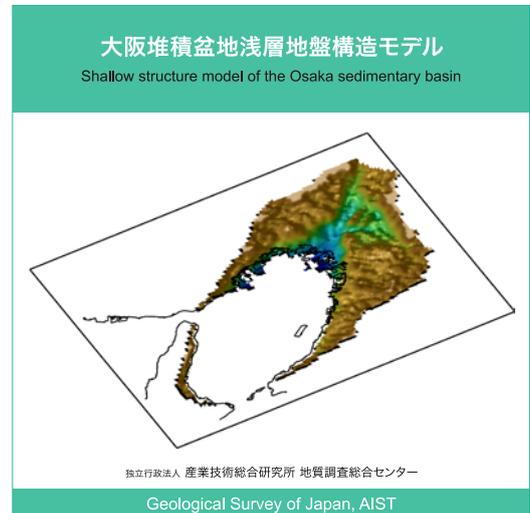


大阪堆積盆地浅層地盤構造モデル出版のお知らせ

吉田邦一（(財) 地域地盤環境研究所）・関口春子（京都大学防災研究所）・堀川晴央

大阪堆積盆地に関しては、2004年に地震基盤までの3次元地盤構造モデルをCD-ROMで公開いたしましたが、この度、浅層地盤を対象にした大阪堆積盆地の3次元地盤構造モデルを地質調査総合センター速報 no.52として出版いたしました。このモデルは、(財) 地域地盤環境研究所との共同研究として進め、関西圏地盤情報データベース（関西圏地盤情報協議会）のボーリングデータをもとに、約500m四方のメッシュごとにまとめ作成したものです。モデルの作成範囲は大阪堆積盆地の陸域全体です。収録データは、メッシュごとの沖積層部分深さ方向2m間隔での土質分類やN値などの値、それらのデータから推定したS波速度、および、メッシュごとの標高と大阪層群中の海成粘土の一つであるMa12層の上下面深度です。モデル化の詳細は活断層・古地震研究報告の吉田・他（2006）をご覧ください（本CD-ROMにも収録）。なお、以前公開した深層地盤構造モデルとシームレスに繋がるわけではない点にご留意願います。

ご希望の方は担当（basinmodel@m.aist.go.jp）までご連絡願います。モデルの利用にあたってはCD-ROMに収録されている利用規程に従ってください。なお、過去に出版した、大阪堆積盆地、石狩平野・勇払平野、新潟堆積盆地の3次元深部地盤構造モデルのCD-ROMの残部もありますので、ご入り用の方は併せてご用命ください。



外部委員会等 活動報告 (2011年10月)

2011年10月3日

第2回南海トラフの巨大地震モデル検討会（岡村出席 / 内閣府）

津波堆積物調査についてなど

2011年10月7日

第5回 原子力安全委員会 原子力安全基準・指針専門部会 地震・津波関連指針等検討小委員会（岡村出席 / 東京）

2011年10月7日

地震調査委員会（岡村出席 / 文科省）

平成23年9月の地震活動について 他

2011年10月21日

第5回 原子力安全委員会 原子力安全基準・指針専門部会 地震・津波関連指針等検討小委員会（岡村出席 / 東京）

耐震設計審査指針及び関連の指針類に反映させるべき事項について 他

2011年10月24日

地震防災対策強化地域判定会（松本出席 / 気象庁）

東海地方周辺の最近の1ヶ月のデータを持ち寄って検討し、東海地震発生可能性について協議した。

2011年10月25日

第3回南海トラフの巨大地震モデル検討会（岡村出席 / 内閣府）

南海トラフの連動の考え方についてなど

2011年10月24日

茨城県原子力安全対策委員会（吉岡出席 / 東海村）
3月11日の地震で被災した東海第二発電所の状況を視察するとともに、日本原子力発電担当者より復旧状況等の説明を受けた。その後、今後必要な安全対策について議論した。

2011年10月31日

第3回地震・津波に関する意見聴取会（杉山出席 / 経産省）

1. 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震において原子力発電所で観測された地震・津波の評価について。

2. 今後の意見聴取会の進め方 他



地質調査総合センター (GSJ) 第 18 回シンポジウム 開催のお知らせ

『地質学で読み解く巨大地震と将来の予測—どこまでわかったか—』

地質調査総合センター (GSJ) 第 18 回シンポジウム
2012. 1.12 Thu. 13:00-18:00
秋葉原ダイビルコンベンションホール 参加費無料

**地質学で読み解く
巨大地震と将来の予測**
—どこまでわかったか—

主催 産総研 地質調査総合センター 地質調査総合センター

プログラム
岡村行信 東北地方太平洋沖地震の震源
澤井祐紀 地層に残された巨大地震の記録
穴倉正展 海溝型巨大地震の履歴に関する研究の現状と課題
松本則夫 東海・東南海・南海地震の予測
近藤久雄 内陸型巨大地震の地形・地質学的痕跡と将来予測
長 郁夫 内陸型巨大地震を予測するための地震発生機構モデル
吉見雅行 断層運動による地表変形の評価と予測
総合討論

ポスター発表：活断層帯や海溝型地震に関する研究、地震予
知の研究などについて 20 件
(以上、講演者は全員、産総研 地質調査総合センター所属です。)

〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇 〇〇〇
定員：300 名

登録申込
産総研地質調査総合センター 〇〇〇〇〇〇〇〇からお申込み下さい
<http://www.gsj.jp/event/12011201120symposium/index.html>

お問い合わせ先
産総研 地質調査総合センター
TEL: 029-861-3001 FAX: 029-861-3000
www.gsj.jp/center/18thsymposium

日時：平成 24 年 1 月 12 日 (木) 13:00-18:00

場所：秋葉原ダイビル

対象：一般および地震防災関係者

予定来場者：300 名程度

趣旨：2011 年東北地方太平洋沖地震は岩手県沖から茨城県沖ま
での広範囲を震源域とする超巨大地震でした。一方、過去を振
り返れば、西暦 869 年に発生した貞観地震を始めとし、今回の
地震とよく似た超巨大地震が数百年間隔で繰り返していたこと
が、地質学的な研究から明らかになっていました。このことは、
地震防災対策において、過去の巨大地震の研究が極めて重要で
あることを私たちに再認識させました。産総研では、過去の様々
な巨大地震の痕跡を地質学的に読み解き、地球物理学的な手法
を融合させながら過去の地震像を再現し、さらに、それらの結
果を将来の予測に活かすことを目指してきました。今回のシン
ポジウムでは、過去の巨大地震の解明と将来予測に関する産総

研の研究の現状を紹介し、今後の巨大地震による被害を少しでも小さくするために、私たちの研究の方向性や目標について、様々な立場の方からご意見を頂きたいと考えております。

プログラム：

13:00-13:05 山崎理事 (地質分野研究統括) 挨拶

13:05-13:20 岡村行信 (活断層・地震研究センター長) 東北地方太平洋沖地震の教訓

海溝型巨大地震

13:20-13:45 澤井祐紀 (海溝型地震履歴研究チーム) 地層に残された巨大地震の記録

13:45-14:15 穴倉正展 (海溝型地震履歴研究チーム長) 海溝型巨大地震の履歴に関する研究の現状と課題

14:15-14:40 松本則夫 (地震地下水研究チーム長) 東海・東南海・南海地震の予測

14:40-14:45 ポスター概要説明 桑原保人 (活断層・地震研究センター 副センター長)

休憩・ポスター 14:45-15:15

内陸大地震

15:15-15:45 近藤久雄 (活断層評価研究チーム) 内陸巨大地震の地形・地質学的痕跡と将来予測

15:45-16:10 長 郁夫 (地震発生機構研究チーム) 内陸巨大地震を予測するための地震発生機構モデル

16:10-16:35 吉見雅行 (地震災害予測研究チーム) 断層運動による地表変形の評価と予測

総合討論 (司会：小泉 尚嗣)

16:35-17:00

17:00-17:05 まとめ (岡村行信)

17:05-18:00 ポスター発表 合計 21 件

講演要旨

海溝型巨大地震

13:20-13:45 地層に残された巨大地震の記録

澤井祐紀

2011年3月11日、東北地方太平洋沖において、日本では観測史上最大となるM9の超巨大地震が発生した。この地震によるおよそ2万人もの死者の多くは津波によるものであることが分かっている。あのような津波は全く想定できなかったのであろうか？活断層・地震研究センターでは、西暦869年に発生した巨大地震・津波（通称、貞観地震あるいは貞観津波）の地球科学的考察を2004年度から行ってきた。本発表では、地震前の時点ですでに明らかになっていた同地震の地震像や再来間隔を紹介する。

13:45-14:15 海溝型巨大地震の履歴に関する研究の現状と課題

穴倉正展

海溝型地震履歴研究チームでは、2004年のチーム発足以来、一貫して海岸低地における地形・地質調査に基づいた海溝型地震の履歴に関する研究を国内外で行ってきた。我々の調査対象の中で、特に津波堆積物は、このたびの東北地方太平洋沖地震を通じて大きな注目を集めることになった。しかし津波堆積物ですべてが分かるわけではなく、過度な期待は危険である。本発表では、沿岸の古地震調査、研究の現状と課題を、これまでの研究例を通して紹介したい。

14:15-14:40 東海・東南海・南海地震の予測

松本則夫

産総研では1978年から東海地震の予知を目的とした地下水観測を実施している。さらに、2006年より東南海・南海地震の予測研究を目的として、紀伊半島から四国周辺に新たに14カ所の地下水・地殻歪・地震などを観測する地下水等総合観測施設を整備した。前兆すべりや深部ゆっくりすべりのモニタリングを中心とした東海・東南海・南海地震の予測研究の現状を紹介したい。

内陸大地震

15:15-15:45 内陸巨大地震の地形・地質学的痕跡と将来予測

近藤久雄

我が国の陸域活断層系では、糸魚川-静岡構造線活断層系をはじめ大規模な断層系からM8級の内陸巨大地震が生じる可能性が指摘されている。我々は、活断層系がどのように巨大地震を繰り返し生じてきたのかを明らかにするため、日本や世界の活断層系を幅広く対象として、個別の古地震像を復元する手法を検討してきた。近年のトルコ・北アナトリア断層系の研究成果では、地震に伴い地形と地質に記録されたずれの量が地震像復元の鍵を握ることが判明しつつある。これらの内容について予察的成果を交えて紹介する。

15:45-16:10 内陸巨大地震を予測するための地震発生物理モデル

長 郁夫

数値シミュレーションで地震発生を予測するためには、地震発生の物理法則を解明するだけでなく、着目する活断層を含む地域の深部構造や断層にかかる力などの具体的な情報が必要となる。一方、糸魚川-静岡構造線活断層系のような大規模な断層構造は地質構造の形成過程が複雑で地殻の不均質が強い場所にあり、現状ではそれらを直接的に調べる方法はない。また再来間隔が1000年オーダーなのでモデルを作っても精度を検証しにくい。このような内陸巨大地震に対する我々のアプローチと進捗状況を述べる。

16:10-16:35 断層運動による地表変形の評価と予測

吉見雅行

陸域活断層での地震では、強い揺れとともに断層運動による地表変形が問題となる。特に、住宅・産業密集地や重要線状構造物の直下で地表変形が生じると重大な被害に結びつく。地表変形は断層帯・地域ごとに特性が異なり、断層崖のような不連続性の強いものから撓曲や褶曲といった広域的なものまで様々である。我々は、過去の地表変形の痕跡調査、断層帯周辺の地盤物性調査、変形シミュレーションを融合した地表変形の場所・規模・形態の予測に取り組んでいる。本発表では首都圏の活断層帯を対象とした取り組みを紹介し今後の展望を述べる。

ポスター発表 21 件 17:05-18:00

東北地方太平洋沖地震関連 7 件

2011 年東北地方太平洋沖地震の発生過程の概要

仙台・石巻平野における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波調査

茨城県および千葉県沿岸における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波調査

2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震で出現した地震断層

歪観測による巨大地震の即時規模把握

2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地下水変化

2011 年東北地方太平洋沖地震の前震が本震の発生に果たした役割

活断層調査報告 4 件

沿岸海域活断層調査「布田川・日奈久断層帯」: プーマ音源による高分解能マルチチャンネル音波探査

断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発: 鳥取県西部地域における断層岩の産状

邑知潟断層帯石動山断層の最新活動時期に関する検討

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯, 鍛冶屋, 関ヶ原および宮代断層の活動履歴

物理モデル構築 3 件

動的破壊シミュレーションによる北アナトリア断層系の連動可能性の検討

日本列島のレオロジー構造と応力場のモデル化

脆性および塑性領域における蛇紋岩の変形挙動の研究

海溝型地震履歴 2 件

西暦 869 年貞観地震の実態を探る

南海トラフ沿岸における古地震・津波調査

海溝型地震モニタリング 3 件

歪・傾斜統合解析による, プレート境界深部ゆっくりすべりのモニタリング精度向上

鉛直地震計アレイによる, プレート境界深部低周波微動のモニタリング

東南海・南海地震予測のための地下水等観測施設整備で得られた四国・紀伊半島周辺の浅部地殻応力分布

災害予測 2 件

綾瀬川断層北部の浅層地盤構造探査 一埼玉県鴻巣市・北本市における S 波反射法地震探査及び地中レーダー探査一

雑微動の相互相関関数による中京地域の地下構造モデルの検証

GSJ シンポジウム参加申込

産総研地質調査総合センターのウェブサイトからお申込下さい。

<http://www.gsj.jp/Event/120112sympo/index.html>

お問い合わせ

活断層・地震研究センター

TEL : 029-861-3691 FAX : 029-861-3803

e-mail: gsjsympo18@m.aist.go.jp