

格子ボルツマン法による2次元流体コードの開発とcoarray並列化

Development of Two-Dimensional Lattice Boltzmann Code and Its Coarray parallelization

*三好 淳太¹、陰山 聡¹

*Junta Miyoshi¹, Akira Kageyama¹

1. 神戸大学

1. Kobe University

数値流体力学の比較的新しい計算手法として格子ボルツマン法 (Lattice Boltzmann Method, LBM) が近年注目を集めている。格子ボルツマン法は多孔質材料中の流れなど、複雑な流体を比較的簡単に解くことができることと、大規模な並列計算に適しているという特徴がある。

格子ボルツマン法はすでに成熟した計算手法であるため、すでにオープンソースのシミュレーションコードがいくつか存在し、典型的な応用問題に対してはそのコードを利用できる環境は整っている。しかし、本研究ではあえてそのようなコードは利用せず、新しい格子ボルツマン法コードをゼロから開発した。それは格子ボルツマン法の基本をしっかりと理解するために不可欠であるだけでなく、将来、格子ボルツマン法を新しい問題に適用するには自分で作ったコードを発展させるのが結局は効率的であると考えたためである。

本研究は、格子ボルツマン法を応用した新しい計算手法を将来開発するための基礎研究・開発である。2次元流体を解く基本的な格子ボルツマン法のシミュレーションコードを開発し、定量的なテストを行い、さらに並列化も行った。

並列化は Fortran 2008 のcoarray 並列化を採用した。coarrayは格子ボルツマン法のように単純な計算格子を持つ計算手法の並列化に有効である。実際に格子ボルツマン法コードのcoarray 並列化を行ったところ、現在標準的な並列化手法として広く採用されているMPIによる並列化に比べて格段に並列化が容易であるだけでなく、並列化後のシミュレーションコードの可読性も高いことを確認することができた。

2次元格子ボルツマン法コードのテストとして、クエット流、ポアズイユ流、粘性の評価計算の3種類の定量的テストを行った。そしてそれぞれの解析解(理論値)と今回開発した格子ボルツマン法コードの計算結果が一致することを確認した。

キーワード：格子ボルツマン法、Coarray並列化、Fortran 2008

Keywords: Lattice Boltzmann Method, Coarray parallelization, Fortran 2008

Preliminary results of linear stability analysis on the onset of convection in a thick rotating spherical shell with implications for a dynamo in an icy moon

*谷口 陽菜実¹、高橋 太¹

*Taniguchi Hinami¹, Futoshi Takahashi¹

1. 九州大学

1. Kyushu University

Convection in the fluid core of a terrestrial planet, which maintains its intrinsic magnetic field by dynamo action, is driven by thermal and/or chemical buoyancy. In case of the Earth, the former is fed by secular cooling of the core, latent heat release upon inner core solidification, and possibly decay of radioactive elements in the core, while the latter arises from light element ejection into the outer core at the front of inner core growth. On the other hand, let us consider a celestial body smaller than the Earth. In that case, compositional convection could occur in various ways due to different pressure-temperature conditions, strongly depending on bulk sulfur content in the core. Among them, we here focus on the iron snow process, which might drive the present Ganymede's dynamo.

In order to understand a basic flow structure of convection driven by the iron snow process, onset of thermal/compositional convection in rotating spherical shells is studied with linear analysis. First, we consider thermal convection of a Boussinesq fluid contained in a rotating spherical shell. We solve the linearized equations as an eigen-value problem, and then, check validity of our linear code by comparing the results with those in a literature (Ardes et al., 1997). Thus, the Ekman number adopted here is not very low. Afterwards, linear stability problem of compositional convection driven by iron snow is examined. In this case, relative inner core size smaller than the Earth is given to mimic possible Ganymede's core geometry. Using the results, we then solve kinematic dynamo problem to gain some insights into dynamos driven by iron snow. We will report our preliminary results about these issues.

キーワード：熱対流、組成対流、キネマティックダイナモ、線型安定性解析、鉄雪

Keywords: thermal convection, compositional convection, kinematic dynamo, linear stability analysis, iron snow

地球外核最上部の安定成層におけるトロイダル背景磁場の影響を受けた赤道波

Equatorial waves modified by the presence of a toroidal magnetic field within the stably stratified layer at the top of the Earth's outer core

*中島 涼輔¹、吉田 茂生²

*Ryosuke Nakashima¹, Shigeo Yoshida²

1. 九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2. 九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

地球の外核最上部には安定成層が存在する可能性は以前から指摘されており（例えば、Buffett, 2014）、地震学による観測的証拠も見つかってきている（例えば、Helfrich and Kaneshima, 2010）。安定成層があると水平流が卓越するようになるので、大気や海洋で用いられている静水圧近似を用いた力学に磁場の影響を加えれば、外核最上部の流体運動に応用できることが予想される。

本研究では、そのような外核最上部での赤道域の波動について考えた。この研究を始めるきっかけとなったのは、赤道付近の地球磁場には特徴的な変動があることが知られているからである。たとえば、Chulliat et al.(2015)は、永年加速（secular acceleration）から約6年周期の赤道付近に局在する定在波的な変動を見つけた。また、Finlay and Jackson(2003)などの多くの研究では、地磁気の西方移動は赤道付近で顕著であることが示されており、外核の赤道域の流れの様子は、非常に興味深い。

今回用いる基礎方程式は、線形化した非散逸のブシネスクMHD方程式である。さらに、静水圧近似と赤道ベータ面近似を用い、東西方向成分のみの背景磁場を仮定する。これらの近似により、水平方向と鉛直方向に変数分離ができる。特に、水平方向の式は、MHD (magnetohydrodynamics) 浅水波方程式（例えば、Gilman, 2000; Zaqarashvili et al., 2008など）に一致する。

解析的、および数値的に分散関係と固有関数を求め、東西磁場の赤道波に対する影響を調べた。

まず、一様な東西磁場が存在する場合を考える。このとき、慣性重力波やロスビー波などは、磁場なしの場合に比べ、周波数が大きくなり、より赤道に局在するようになる。また、中緯度ベータ面近似の場合に現れるMCロスビー波は赤道にはトラップされないことが分かった。

次に、東西磁場に緯度依存性を持たせると、アルフベン波が連続的な固有値を持つようになる。また、固有モードの東西位相速度とアルフベン速度が一致する緯度で共鳴が発生する。

キーワード：外核最上部、安定成層、赤道波、MHD浅水波方程式

Keywords: the uppermost outer core, stable stratification, equatorial waves, MHD shallow water equations

シースプレー測器による海上観測計画：海面砕波と海洋性エアロゾル生成の時空間構造を捉える

A Marine-field Optical Particle Counter for Sea-Spray Measurements: Understanding the Relationship Between Surface Wave Breaking and Aerosol Generation

*相木 秀則¹、根田 昌典²、田中 潔³、久島 萌人¹、油布 圭⁴

*Hidenori AIKI¹, Masanori Konda², Kiyoshi Tanaka³, Moeto Kyushima¹, Kei Yufu⁴

1. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2. 京都大学 大学院理学研究科、3. 東京大学 大気海洋研究所、4. 九州大学 応用力学研究所

1. Nagoya Univ., 2. Kyoto Univ., 3. The Univ. of Tokyo, 4. Kyushu Univ.

台風シミュレーション研究などで最近では大気・海洋・波浪結合領域モデルがよく使われているが、将来的には大気側にはエアロゾルプロセスを海洋側には低次生態系プロセスを組み込み、大気海洋間フラックスによる包括的な影響の整合性検証をすることが期待されている。従来の大気化学研究では衛星や地上ライダー観測によって上空数百mから数kmにかけてのエアロゾル分布と雲物理の関係解明を推進してきた。ところが海洋性エアロゾルの生成源である海面近傍（海面から海上数mまでの範囲）のシースプレー観測は国内ではあまり行われていない。そこで本研究プロジェクトでは、海上観測プラットフォーム（係留ブイ・海上観測塔）のような強風・塩水飛沫にさらされる環境下において、シースプレーの粒径別個数の時系列を計測できるような測器の実用化を目指している。2016年度には防水・軽量・省電力型の光学粒子計とロガーの一体型測器の試作機を独自に調達した。この試作機の特徴は(i)将来的には超音波乱流風速計と同期させてフラックス測定（渦相関法）ができるようにシースプレーの測定間隔が0.1秒になっている、(ii)風波の一つ一つの砕波による空気中の粒子数変化や水面波との位相関係を調べる事ができるように3軸加速度計を内蔵していることである。2017年度には、試作機および観測システムの安定度および測定精度の検証・将来的なフラックスに向けた技術的な問題点の抽出と解決方法の検討する。具体的には、京都大学防災研究所白浜海象観測所（和歌山県田辺中島高潮観測塔）や東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター（岩手県大槌湾内係留ブイ）との共同利用・研究協力制度を使って初期試験を行う。

キーワード：シースプレー観測、波浪境界層、海洋性エアロゾル

Keywords: Sea spray measurement, Air-sea surface wave boundary layer, Marine aerosol

On the mathematical properties of non-linear atmospheric flows counting with heat conductivity, vertically stratified density, rotation of the Earth, humidity and moisture content in the clouds.

On the mathematical properties of non-linear atmospheric flows counting with heat conductivity, vertically stratified density, rotation of the Earth, humidity and moisture content in the clouds.

*giniatouline andrei¹

*andrei giniatouline¹

1. Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America

1. Department of Mathematics, Los Andes University, Bogota, Colombia, South America

We construct an explicit solution of a non-linear Navier-Stokes type system of partial differential equations which describes the behavior of the Atmosphere of the Earth taking into account various simultaneous parameters; such as rotation, initial exponentially decreasing vertical stratification of density, heat conductivity, humidity and moisture content in the clouds. To construct the explicit algorithm of the solution, we use the Galerkin method.

We prove the existence and uniqueness of the solution for a limited interval of time.

For the linearized model, we find the structure and localization of the spectrum of internal vibrations of the Atmosphere.

The results may find theoretical application in Atmosphere fluid dynamics, as well as more practical application in weather forecasting.

キーワード : atmosphere flows、 explicit numerical solution、 humidity and moisture content in the clouds、 vertical stratification of density、 existence and uniqueness of solutions of PDE systems、 spectrum of internal waves

Keywords: atmosphere flows, explicit numerical solution, humidity and moisture content in the clouds, vertical stratification of density, existence and uniqueness of solutions of PDE systems, spectrum of internal waves

プレートテクトニクスと深海洋底と環太平洋弧状列島の起源,地球自転軸の傾斜とバンアレン偏芯の起源とプレートテクトニクスの新駆動力
 --全てはマルチインパクト仮説でアブダクションを用いて統一的に検証--
 Origin of plate tectonics, Ocean floor, Pacific arcuate rchipelago, nclination of the Earth's axis, Van Allen eccentricity and Drivie force
 Plate tectonics
 --Everything is unified with a multi impact hypothesis using abduction--

*種子 彰¹

*Akira Taneko¹

1. SEED SCIENCE Lab.

1. SEED SCIENCE Lab.

起源の解明は太陽系物理では再現実験は費用的にも時間的にも不可能である。更に初期条件も不明なので、それは帰納法や演繹法でも解明は困難である。しかし、アブダクションを用いれば太陽系の起源から一回だけの進化の結果を利用してその仮説を検証できる。

物理的に意義ある仮説を仮定し、アブダクションを用いて太陽系の起源から完全に初期条件も一致した進化で、複数の現状を説明できればできるとほどその検証の真実性が増す。アブダクションでは、仮説が現状を多く説明できればできるほど信頼性が増すが、説明できないと無駄である。

マルチインパクト仮説では、プレートテクトニクスと深海洋底と環太平洋弧状列島の起源,地軸傾斜と移動方向の急変の起源,バンアレン帯偏芯とプレートテクトニクスの新駆動力等,全てを統一的に説明出来た。マルチインパクト仮説で一度だけの地球の進化による現状を用いて、アブダクションにより全てを統一的に検証できた。更に、マルチインパクト仮説では月の起源,冥王星の起源,小惑星帯の起源,分化した隕石の起源,木星大赤斑,海王星の地軸の傾き,水星コア・マントル比が大きい等も全て説明できます。

この様に地球だけでなく太陽系の起源と進化も統一的に説明できます。逆に根拠のない仮説のシミュレーション結果は成果が少なく、且つ矛盾も多くなる。

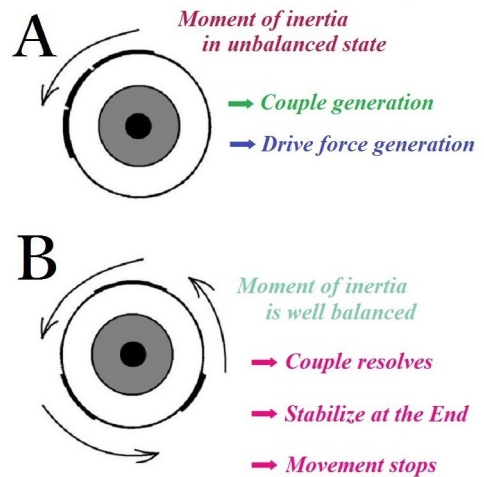
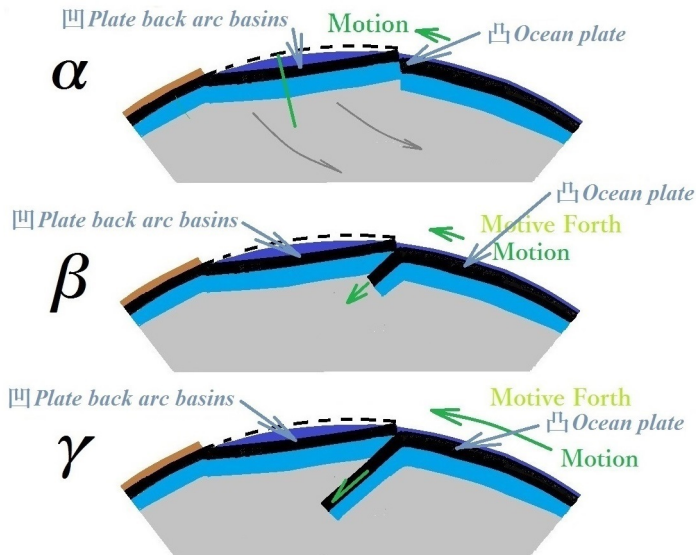
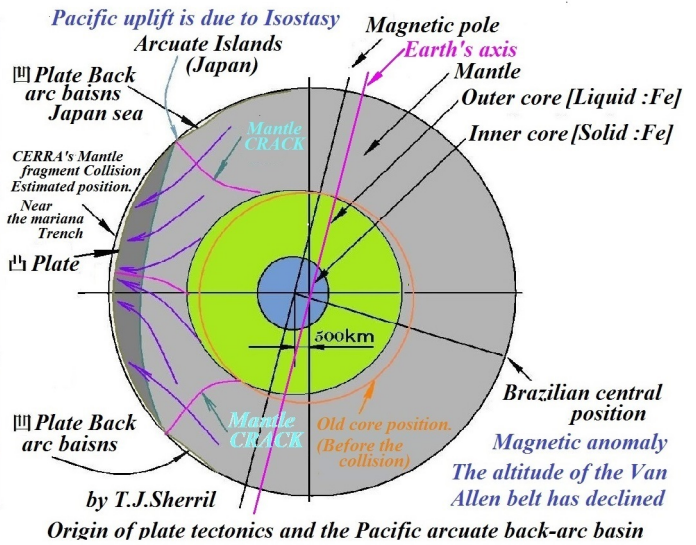
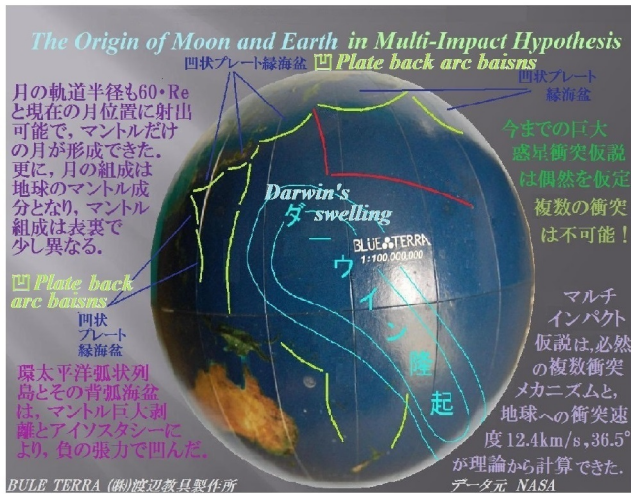
ジャイアントインパクト仮説のシミュレーションでは、マントルだけの月形成は計算できるが、月軌道エネルギーは現実の1/20しか得られなかった。更にジャイアントインパクト仮説では、月の表側・裏側の密度の違いや、隕石重爆撃期やフィーディングゾーンの起源も説明できない。

この様に、全ての起源はアブダクションで容易に解明できる。しかし他の証明は困難で有る。

キーワード：プレートテクトニクスの起源、深海洋底と環太平洋弧状列島の起源、プレートテクトニクスの新駆動力、移動方向急変の起源、地球自転軸の傾きの理由、マルチインパクト仮説をアブダクションで検証

Keywords: Origin of plate tectonics, Origin of Ocean floor and Pacific arcuate rchipelago, Driving force of plate tectonics, Origin of sudden change of movement direction, Reason for inclination of the Earth rotation axis, Examination of multi impact hypothesis by abduction

Origin of the Earth, Plate-tectonics, Ocean-floor, by Abduction in Multi-Impact Hypothesis CERRA



The Great Kanto(1923) Earthquake and YOKOHAMA (2)

*西澤 勝¹

*Masaru Nishizawa¹

1. なし

1. none

1. まえがき：関東大震災（1923. 9. 1日午前11時58分. 相模トラフの海溝沿いプレート境界. M=7.9）の相模トラフ（信玄）について、大崎 順彦著「地震と建築」を参考に述べる。又長沼 毅著「深海生物学への招待」を参考にトラフと深海生物の関係を、坪井 忠二著「新・地震の話」を参考に地震と重力の関係を和達 清夫著「地震」を参考にしつつ少しふれる。

2. 要旨：（イ）Fig-1は小松 左京著「日本沈没」より想定した東大構内の「東京大地震」の架空の波形である。このような“模擬地震動”が使われることもあるが、大崎先生もp197で述べられておられるが、実際の地震動と“何かがちがう”。葉のジェネリックのような。現在は著者は“模擬地震動”を必要としないと考える。

何よりも、日本列島は「世界一の地震の巣の上に在る」ことを念頭に諸・諸の構造物の建設及び都市計画などを実施しなくてはならぬ。

（ロ）相模トラフ及びその海域について：Fig-2に深海生物の代表としてチューブワームと諸トラフ・海溝等を示す。「太陽を食べる（太陽光）生態系の他に深海には「地球を食べる生態系」がある。これらは熱水噴出孔等からのイオウ（S）成分で生きる。相模トラフ・駿河トラフの在る海域は海流・地形・気候条件などがそろった海洋研究にはもってこいの地域である。潜水船等の出現もあり、深海生物・地形等の知見は積み重ねられている。三浦半島には逗子層の上に葉山層が積もっている“不整合”の案内がある。地震によって沈下した海底の逗子層上に葉山層が積もり又地震によって地上に浮き上り、現在に至っていることが判る。図-3に深発地震面の等深線図（「地震」）、Fig-4に重力異常の急変帯（「新・地震の話」）を示した。この二つの図からもこれらの海域が地震学上も大変“微妙”な地域・海域であると判る。

なお、関東大震災の調査で皇居内の公文書館の「震災録」を拝見。詳しい救護状況等が薬品名までも示されている。別の機会に。

ただ、昭和天皇は昭和初期から約60年間の長い間、相模湾での海産物のご研究をされた。これらの膨大な資料が現在、国立科学博物館に移館され、多くの研究者の研究論文の試料としてお役に立っているようである。市販の書物としては、東海大学出版「相模湾動物誌」等多数市販されている。さらにこれらの有用資料が一般の研究者のために利用され易くなることを期待する。

3. 結び：日本列島は世界一の地震の巣の上にあることを銘記すべし。

キーワード：SAGAMI trough、the deep-sea creatures、Gravitation、The sink of Japan

Keywords: SAGAMI trough, the deep-sea creatures, Gravitation, The sink of Japan

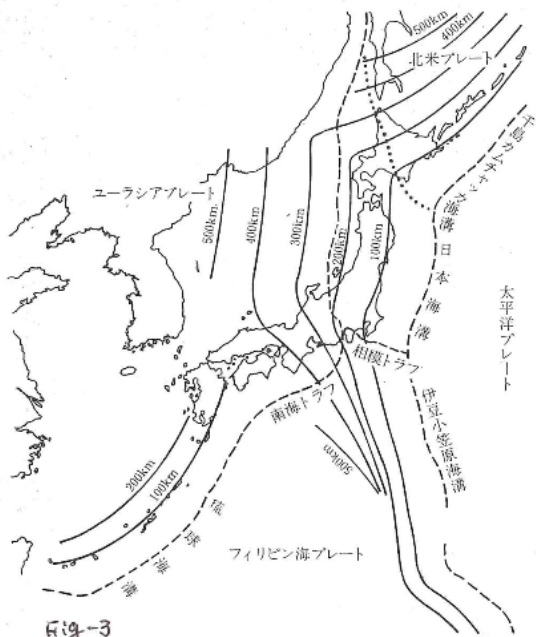


Fig-3
 深発地殻面の等深線 (宇津徳治:「地震の事典」, P. 147, 朝倉書店, 1987)
 和達清夫著「地震」中公文庫 1933, 1993, P229

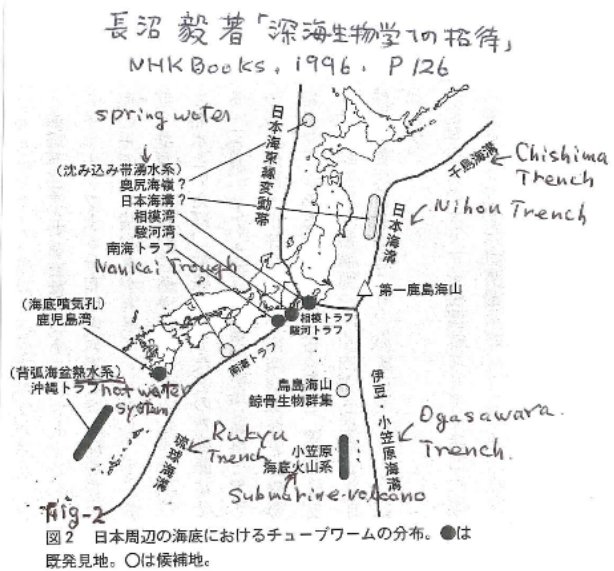


Fig-2
 図2 日本周辺の海底におけるチューブワームの分布。●は既発見地。○は候補地。

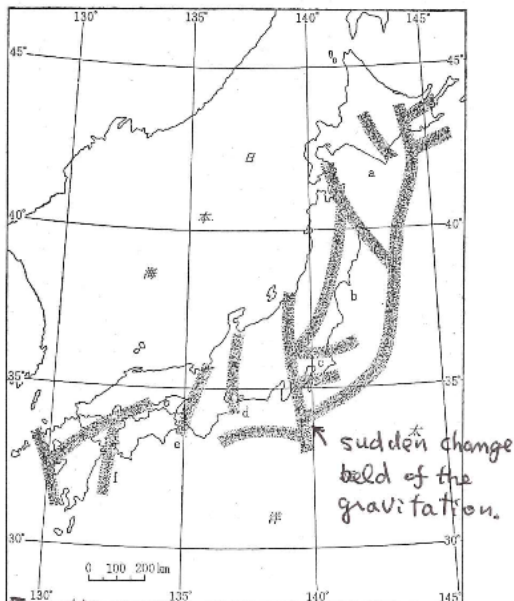


Fig-4
 重力異常の急変帯 (Sudden change belt of the Gravitation)
 坪井忠二著「新・地震の話」岩波新書, 1957, P42

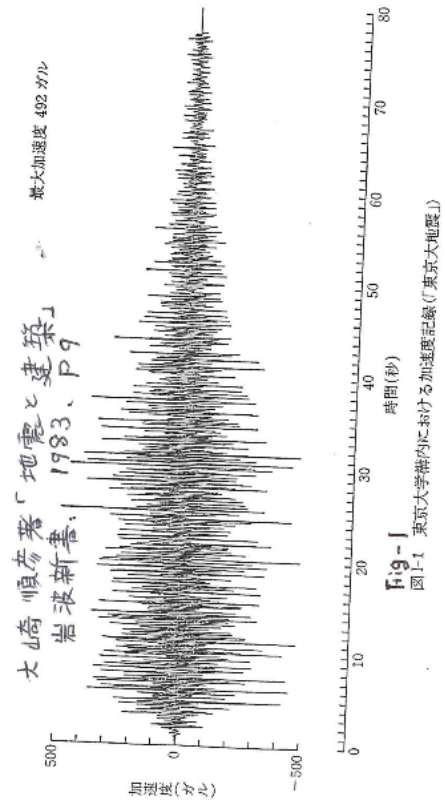


Fig-1
 図1-1 東京大学管内における加速度記録(「東京大地震」)