

C A D (Pro-ENGINEER) で構築の園田式 3 D 震源分布図

- 日向灘地震・福岡西方沖地震の場合 -

防災研究所技術室(地震予知研究センター宮崎観測所)

園田 保美

1. はじめに

前回の技術報告書では、3 D / C A D による工学的な地震観測計器の設計製作図を 3 次元化する技術報告を行った。その中で日向灘の 3 D 震源分布作図の報告を少しではあるが行った。その時の報告では 3 D の工学的作図が主でしたが、今回の技術報告では地震関係の 3 D 震源分布の作図だけである。一部前回報告と重複する部分もあるが、この技術報告になくはならない記述である。今回の技術報告では、本格的に 3 D 震源分布作図の第 1 弾として、C A D (Pro-ENGINEER) による日向灘沖地震と、福岡県西方沖地震の 3 D 震源分布図を作図するシステムを構築したので紹介する。また、他にこの 3 D / C A D ソフトによる 3 D 震源分布の作図例が無いので「園田式 3 D 震源分布図」と呼ぶことにした。

2. 日向灘地震

地震予知研究センター宮崎観測所では日向灘地域において、1975 年の観測以来、地殻変動観測と地震観測の 2 本立てで地震研究を行ってきた。1987 年からは、地震予知研究センターの日向灘地殻活動総合観測線として、九州南部と四国西部の 7 観測点をテレメータ化し専用回線で地震データ収録解析を行ってきた。ここ最近では、宮崎観測所の日向灘地殻活動総合観測線を構成する 7 観測室の観測データは、専用回線の排斥傾向と共に、衛星テレメータの導入で地震データ収録が全国版になりました。地震予知研究センターでは、来るべき南海道巨大地震の予知に向けて、西南日本の広域の地震活動を、統一的に把握することを目的に、現在、西日本の各地に展開している各観測所の観測網の、地震波形をはじめとする各種のデータを集約して、総合的に解析するシステムを構築している。西南日本外帯に属する宮崎のデータは、地震予知センターに集中すると共に西日本内帯観測網のデータを統合して総合的に解析使用している。宮崎観測所の衛星テレメータにもこれらの観測データと気象庁、全国大学の全データが収録されている。そこで、収録された震源データと今年 C A D (Pro-ENGINEER) のライセンスが防災研究所技術室と宮崎観測所にも導入されたので、これらを活用した園田式 3 D 震源分布作図システムを構築したので紹介する。

2. 1 2 D と 3 D の比較

図 1 は九州及び日向灘地震 2 ヶ月分の気象庁震源データを使い、SEIS-PC for Windows のソフトで作図した 2 D 震源分布図である。関係機関でごく普通一般に使用されている。図 2 は、平成 16 年 8 月から 9 月の期間の九州及び日向灘地震 2 ヶ月分を 3 次元でプロット作図したものである。この園田式 3 D 震源分布図は立体的に回転させるデモ動画も可能であり、マウスを動かす事により震源域が刻々と 360° 回転するさまは圧巻である。この記述記載だけで、全容を皆さんに理解してもらう事が出来るか疑問であるので、P C でデモ動画をお見せしたい。

2.2 九州地形図

図3は九州全域と四国、山口の一部を8区域に分け、それぞれを手作業で作図した模式地形図である。手間暇をかけて作図したが、一度製作しておけば永く使用できる。

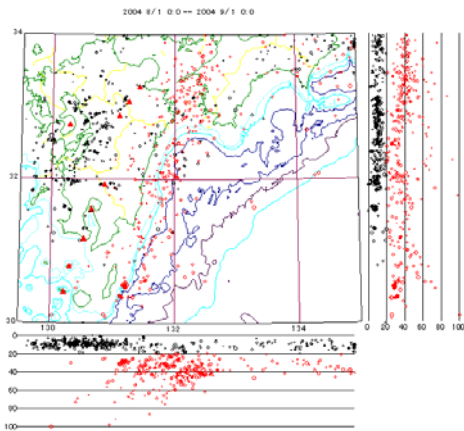


図1 2D日向灘地震震源分布図

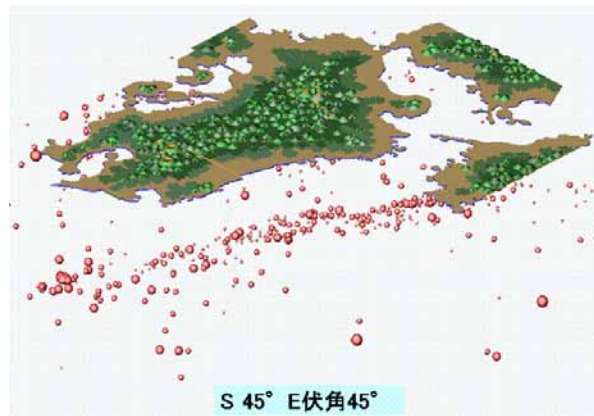


図2 3D日向灘地震震源分布図

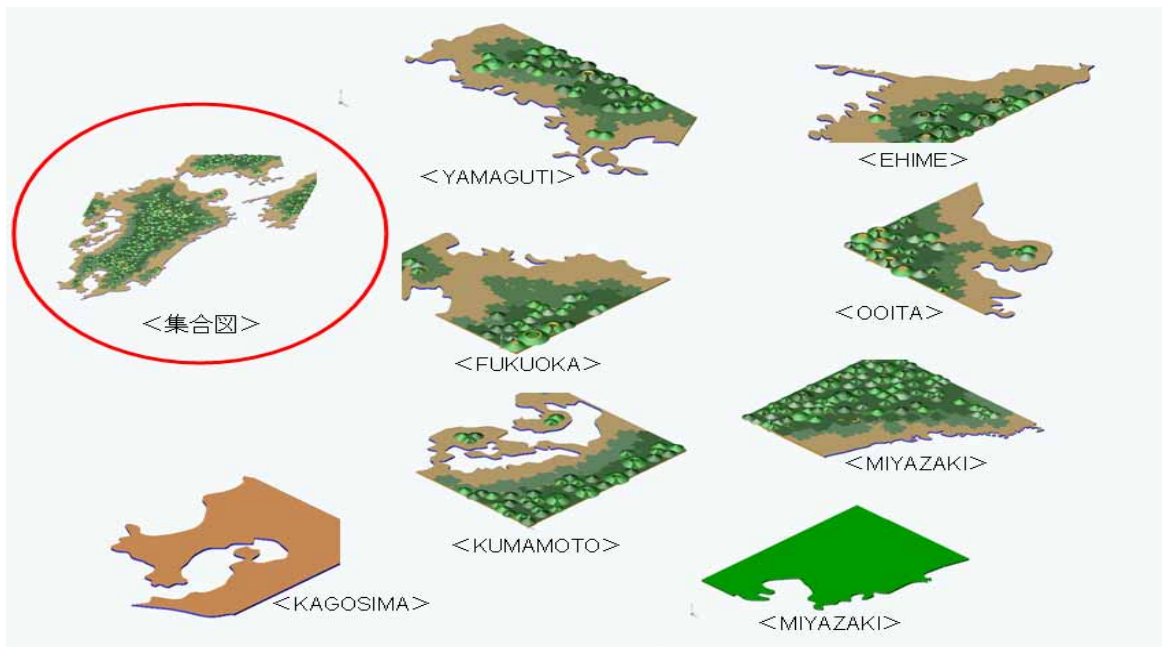


図3 九州全域の8区域分解図

2.3 沈み込み

図4の日向灘におけるプレート沈み込みでの3次元震源分布図は、20例近くの震源の大きさを球の大きさで表現した総合プロット投影図で、九州地域、特に日向灘付近を中心にした3D震源分布図である。九州全域と山口四国の1部分を加えた地図の平面図を、この図の中心に示し、NSEW各方位から投影した3D震源分布図を<SOUTH 伏角10°><S 45° W 仰角45°>等の方位名称で四方に配置した。これらの震源分布図を見てみると、図で分かるように日向灘沖の深さ40km付近においてフィリピン海プレートの九州地域地下への、沈み込みによる海底下の地震が顕著に見られる。フィリピン海プレートと陸側の接点は、日向灘の沖にあり日向灘地震の多発地域でもある。震源分布の特徴は、日向灘海底下での地震が極端に多く、しかも九州地域西部の直下にも地震が集中している。九州地域東部では沈み込んだ上面にあたる、陸側の地震が極端に少ない。これら震源分布の特徴

を把握するのに、今までは平面、側面での2D震源分布図がほとんどであった。今回の3次元化であらゆる方角から見られる、この園田式3D震源分布図によりさらに、幅広く震源分布の特徴を解析でき、地震予知研究の成果が大いに期待できると考えている。

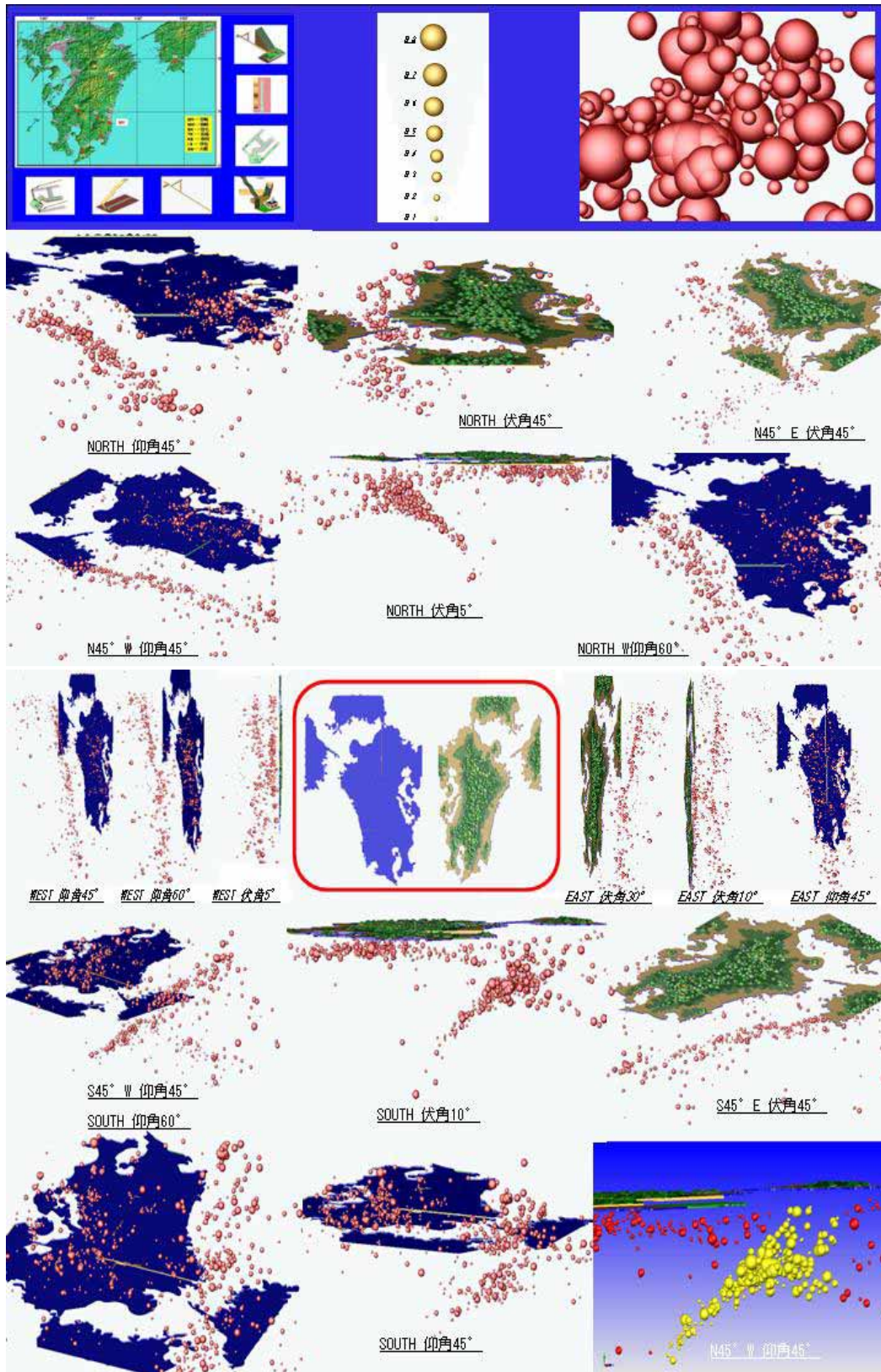


図4 日向灘沈み込みでの3次元震源分布図

3. 福岡県西方沖地震

技術報告（園田式3D震源分布図）の第2弾として、3D/CAD(Pro-ENGINEER)による福岡県西方沖地震の3次元震源分布図を、作図するシステムを構築したので紹介する。平成17年3月20日10時53分頃、福岡県西方沖を震源（深さ9km）とするマグニチュード7.0の地震が発生した。この地震により、福岡県の中央区、東区、前原市、佐賀県のみやき町で震度6弱を観測したほか九州北部を中心に、九州地方から関東地方の一部にかけて震度1～5強を観測した。九州で震度6弱以上の地震を観測したのは、1997/5/13の鹿児島県薩摩地方の地震(M6.4)で震度6弱を観測して以来、九州地方に津波注意報を発表したのは1996/12/3に発生した日向灘の地震(M6.7)以来である。この地震の断層運動は左横ずれ断層とみられている。この運動は、圧縮の力方向から見て断層のどちら側から見ても相手が左に動く断層運動である。この地震の震源となった海底活断層の延長線上には、福岡市の警固断層（長さ22km）がある。この福岡県西方沖地震は群発地震であって、10日間で観測された地震数は1000個程である。この園田式3D震源分布図にはH17/3/20～3/30までの10日間で観測された気象庁のJMA震源データを使用させてもらった。

3.1 2次元と3次元の比較

図5は福岡県西方沖地震1ヶ月分の気象庁震源データを使い、SEIS-PC for Windowsのソフトで作図した2D地震活動図である。震央分布図とその東西及び南北断面図が一つの画面に表示される。地震関係の機関でごく普通一般に使用されている、震源分布図である。図6は、気象庁震源データH17/3/20～3/30の1ヶ月分を用いた、3次元の園田式3D震源分布図で福岡西方沖震源分布図でもある。赤球が平成17年3月20日10時53分M7の本震でその他は半透明の震源球である。3次元ですので全方位あらゆる角度からこの地震の震源域を透視する事ができる。震源域が大小2ヶ所に分散しているのが特徴である。

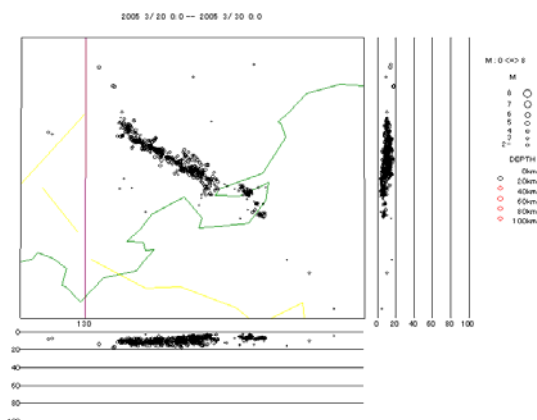


図5 2次元震源分布図

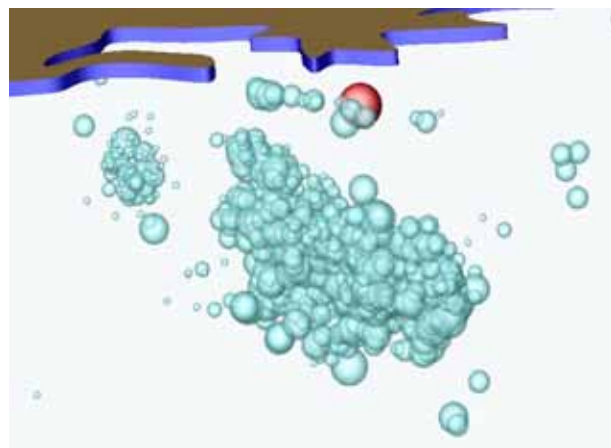


図6 3次元震源分布図

3.2 地形図

図7は福岡県の博多を中心にした地形図で、3次元で立体的にカラー表示した。平地と山岳部は創造された模式図であるが、将来は正式な地図と同じように立体的に構築したい。この地形図は透視できないので角度によって震源域が判りにくい面もあるが、図8の枠表示地形図も作図しているので用途によって使い分けたい。この立体的カラー表示の地形図は震源球もカラー表示ですので展示する時のデモ用にお勧めしたい。枠表示地形図を用いた平面での震源分布図は地震研究用で、全方位3次元での透視が可能である。

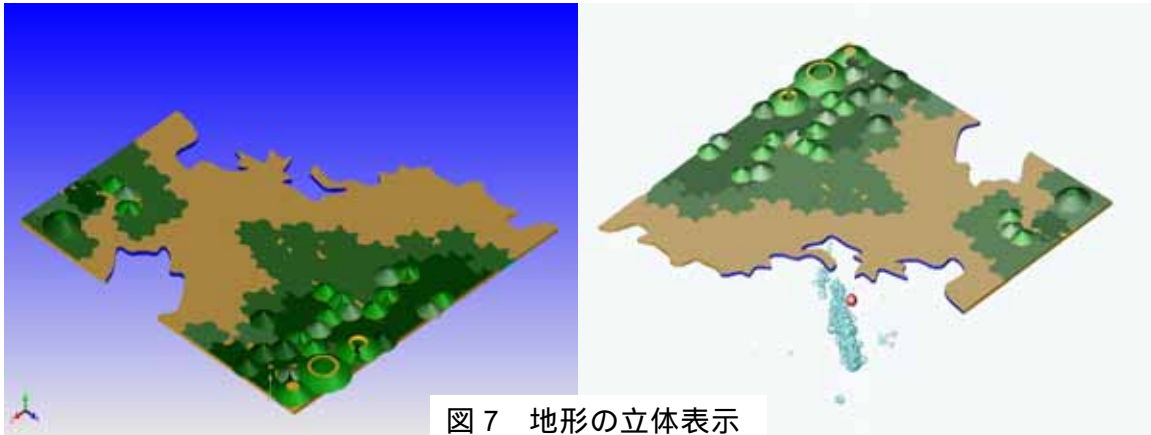


図7 地形の立体表示

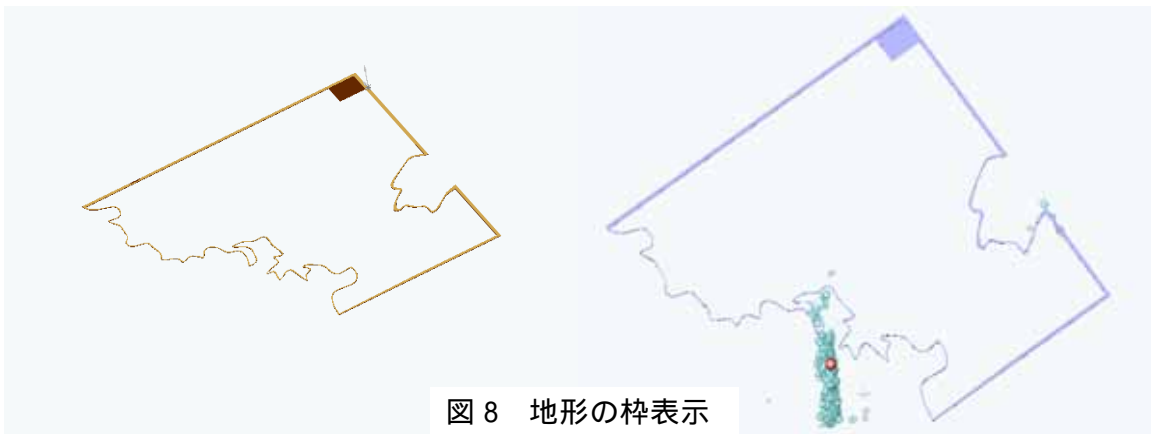


図8 地形の枠表示

3.3 拡大図

図9は震源を半透明の球(以後震源球という)にして判りやすく拡大した震源プロット図である。震源球を拡大してみると、反対方向の震源球を透視することができて奥の震源球が透けて見える。この様に表示された半透明震源球の震源分布図は他に例がないだろう。この震源球の拡大縮小は際限がない位、範囲がひろく解析時に細部まで表示することができる。

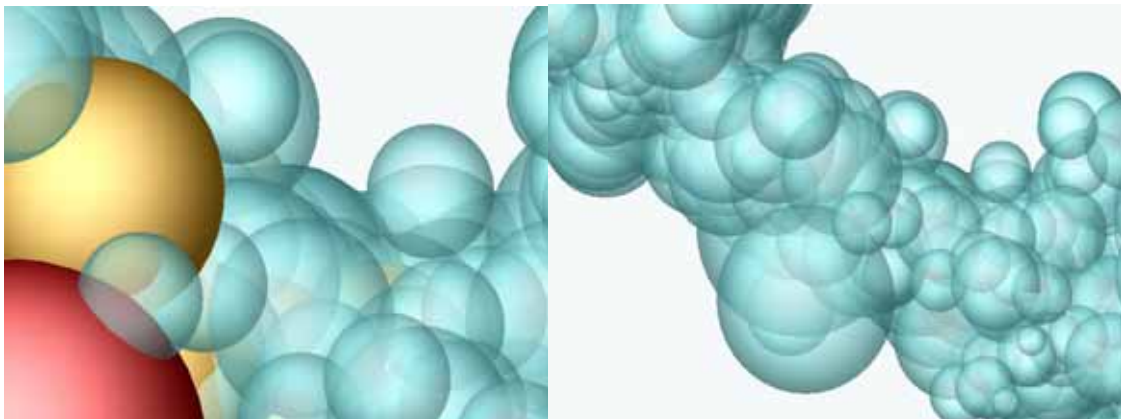


図9 震源球の拡大図

3.4 半透明震源球で表示の震源分布図

図10は半透明震源球でプロットした震源分布図であるが、9コマにあらゆる角度からのパターンが表示されていて、反対側の震源球が透けて見える。又、この震源分布図は学術用として比較的低額なソフトで、容易に誰でも出来る楽々3D震源分布図である。本震の震源球は赤球で表示してみたが、判りやすく一目瞭然鮮明である。

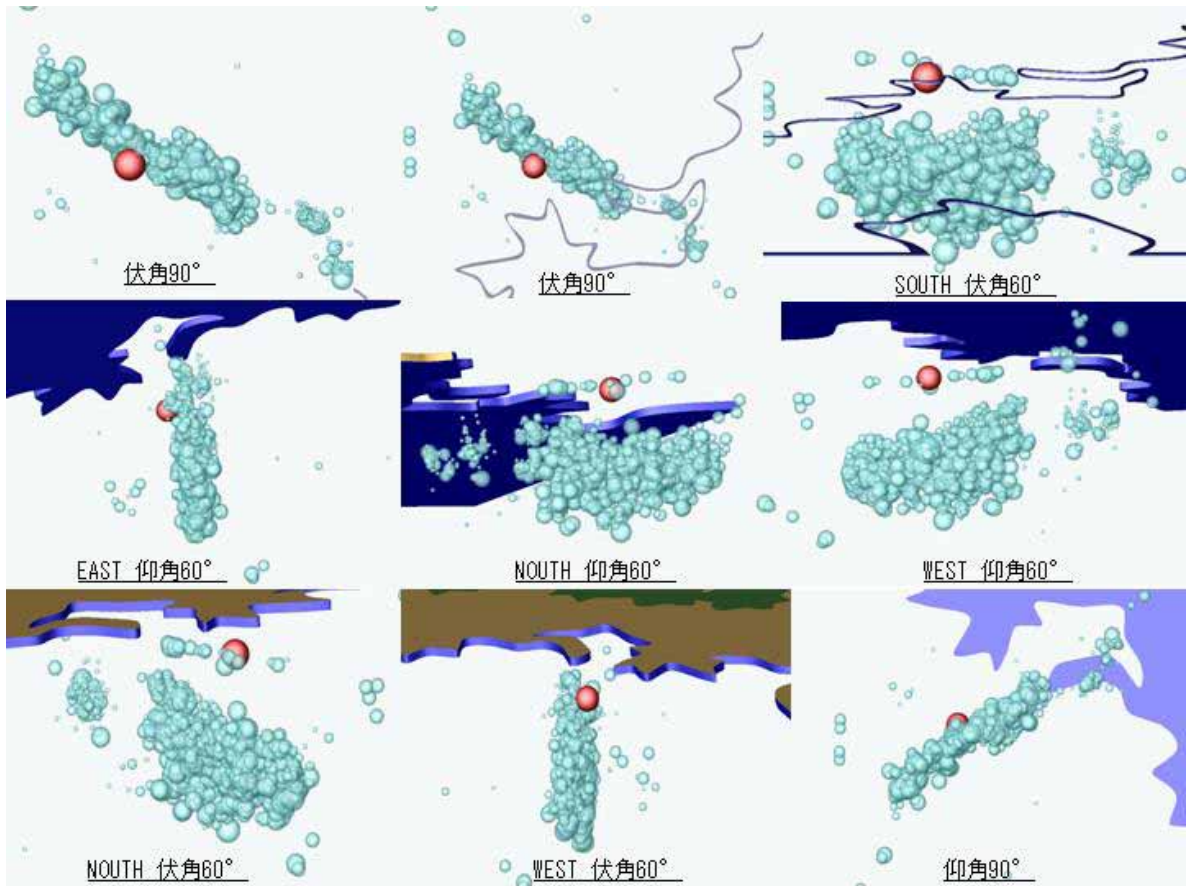


図 10 半透明震源分布図

3.5 地震強度震源分布図

図 11 は特定された強度の震源球を 3D 震源分布図で示した。福岡西方沖地震の震源域全体が縦横自在に 360 度回転でき、特定された震源分布が 3 次元で立体的に表現されている。M4 震源球だけ金色カラー表示されていて、特定された震源球の分布状態が、鮮明に 3 次元で見られる特徴がある。又、本震との遠近や位置関係がはっきりとしているので、地震解析の成果がおおいに期待できるだろう。

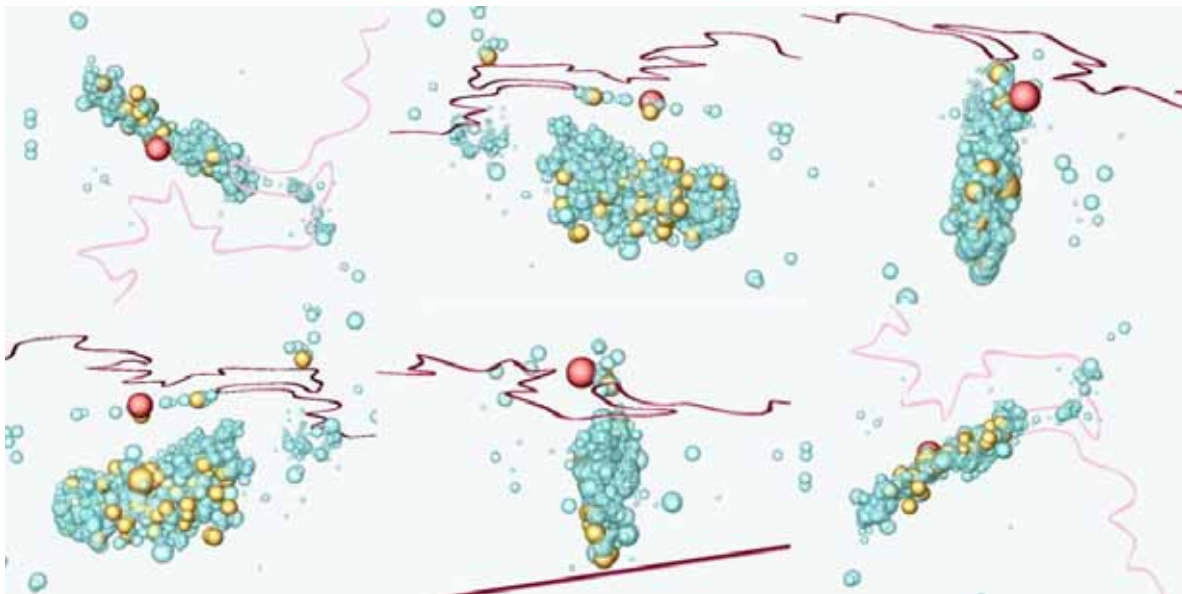


図 11 地震強度震源分布図

3.6 時間別頻度震源分布図

図 12 は、9 コマに福岡県西方沖地震の震源分布を立体的カラーで配置した。この震源分布図は立体的な陸をカラー表示に、色分けした震源球を日時別にプロットした<時間別頻度震源分布図>である。震源球自体に赤青黄緑桃色と2日毎に色分けしたが、さらに細かい時間毎に色別表示で作図する事もできるので、そうすれば更に地震解析に有意義だろう。震源球それに陸も立体的カラー表示ですので、地震展示会等での震源分布デモ用にお勧めしたい。動画も出来るのでPCを設置しての、震源分布動画デモショーも可能である。時間別頻度震源分布図の中央に震源球の拡大図を配置して、詳細な部分が解析出来るようにした。震源球の重複している部分は見えないが、日時間別の震源球がカラー表示ですので鮮明である。この様な震源分布図は他に例が無い珍しい作図である。

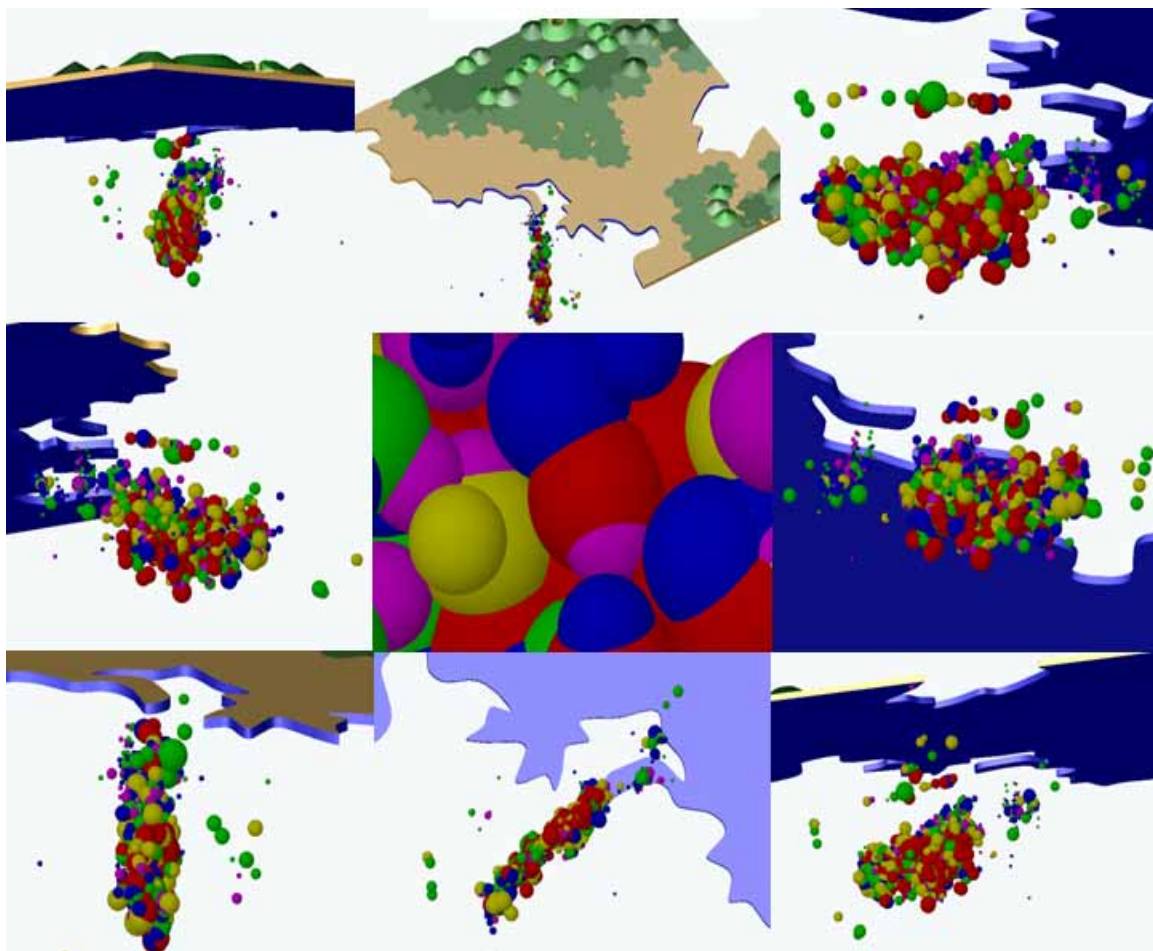


図 12 時間別頻度震源分布図

3.7 金色にカラー表示の震源分布図

図 13 は金色震源球でプロットした<金色震源分布図>である、反対側の震源球が透けて見えないが、球自体がゴールドなので震源分布が鮮明な特徴がある。これら一連の立体的カラー表示の震源分布図は、突発的群発地震の震源分布図に推薦する。

この図の特徴は上（枠表示）中（陸カラー表示）下（下から方向）の3段階で表示されていて、表示方法の違いが判りやすい。赤色で表示の震源球はH17/3/20～3/30、M7福岡県西方沖地震の本震である、他の地震との位置関係が判りやすい特徴がある。下方向から透視した震源分布図が作図できる、という事が最大の特徴である。

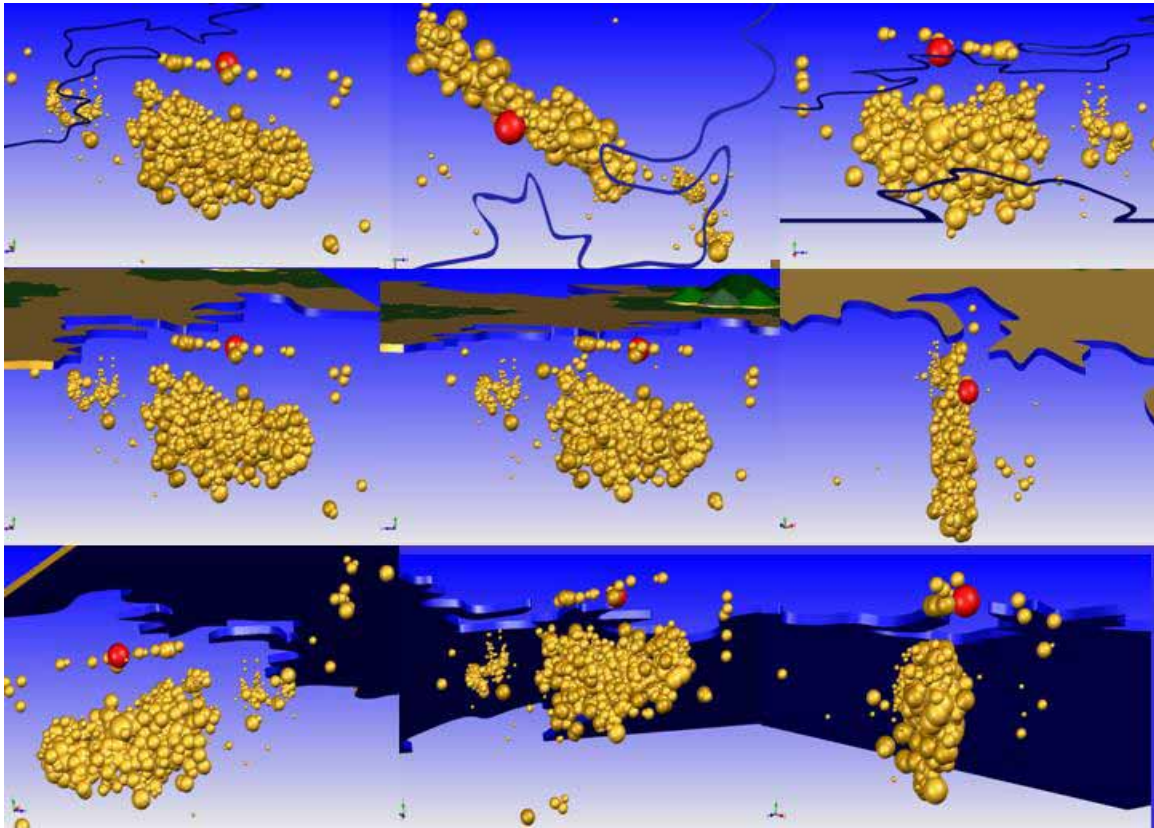


図 13 金色震源分布図

4 . 構築手順

PCで3D/CADソフトを起動し立上げる。

衛星WINシステム、JMA(気象庁)等の震源データ(TEXTファイル)をダウンロードする。

震源地の方位角が、指数で表示されている震源データをなるべく使用する。

方位角が度分秒で表示の場合、変換ソフトに入力し方位角を指数に変換。

指数表示のデータを、グリッドの方位サイズに合うようデータ変換する。

模範地図が描かれた透明フィルムを使い、モニター上で模写地図の作成。

震源球M1～M8までの8段階8種を作成して構成部品で登録しておく。

震源球を挿入～エンベロープ～ファイル指定し、貼付けて位置を確認。

手形表示の部品移動マークを指定し、構成部品移動画面を表示させる。

構成部品移動画面の(XYZ位置へ)を指定して入力モードに設定する。

X軸データ入力：12345.0000を入力～エンター～モニターで位置確認。

Y軸データ入力：12345.0000を入力～エンター～モニターで位置確認。

Z軸データ入力：12345.0000を入力～エンター～モニターで位置確認。

入力モードの<適用>を指定し貼り付けて、震源球の位置を確認する。

ペケ(OK)マークを指定し、数値入力モードを終了させる。

デモソフトにより震源分布の立体的回転を確認。

<構成アセンブリ>を指定し、複数の構成部品合成を行う。

再度デモソフトで震源分布の立体的回転を確認。

MAPの原点を再確認する。

Myドキュメントにファイル保存する。

5 . おわりに

今回の技術報告書への投稿内容は日向灘地震と福岡県西方沖地震 2ヶ所の、地震だけの園田式 3D 震源分布図を作図するシステムの紹介である。前回 1 年前の地震観測計器の工学的作図の掲載とは異なり、地球物理的な 3次元震源分布図に仕上げた。この 3D/CAD (Pro-ENGINEER)は工学的なCADであって、このような理学的な地震震源分布図をこのソフトで描写することはないと思うが、それをあえて挑戦してみた。この震源分布図を見ると地震を解析する時に震源域が一目瞭然である。全方位から3次元の震源分布を立体的動画で見られる3D震源分布作図システムが出来て、我ながらうまく出来たと自画自賛している。これから更に、この作図システムのスピードアップの能率向上を図り、地震予知に貢献していきたいと考えている。震源データは気象庁のJMA震源データを使用させてもらいました有難うございました。また、SEIS-PCのソフトを使用して震源分布図を作図しましたので、関係者にお礼を申し上げます。この3D震源分布作図システムを構築するにあたり、防災研究所技術室の三浦技術員には3D/CAD(Pro-ENGINEER)のサービス提供を、記述記載に関して同じく中尾技術員には適切なアドバイスを頂きました。地震予知研究センターの大谷先生には地震の講義をして頂き、いろいろご協力ご教示ありがとうございました。ここに記してお礼申し上げます。