

ボロノイ図を用いた計画的な人工地震発生のスケジューリング

日大生産工

○篠原 正明

情報システム研究所

篠原 健

1. はじめに

大陸棚プレートの下部へ海洋プレートが沈み込む時に、プレートとプレートの接触面に固着域 (asperity) が形成され、両プレートは共に沈み込むが、その固着域が沈み込むプレートに起因する歪に耐えられなくなると、上部プレートが反転し、地震が発生すると考えられる。もし、プレート間接触面に固着域が発生しないならば、あるいは、発生しても初期段階で解消できるならば、自然現象としての地震発生の可能性を大きく抑制することができる。そこで、プレート間接触面の固着域の2次元の様相をボロノイ図としてモデル化し、どの固着域を溶融・破壊すれば、プレート間接触面の歪力バランスがくずれ、その結果として、効果的に人工地震を発生させられるかを検討する。

2. プレート間接触面での固着域分布のモデル化

プレート間接触面において固着域が発生し、その固着域が2次元の接触面上に分布して、両プレート、すなわち、接触面全体を沈み込ませる。すなわち、接触面上に分布した固着域が全体としての摩擦の力により、両プレートを（擬似）固着状態に保持する。個々の固着域（あるいは重みを持った固着点）は、その固着力（重み）に応じてその固着域の周囲の領域（勢力圏）を支えている。すなわち、固着域 i を乗法重み v_i を持った母点 i とし、母点 $P_i = (x_i, y_i)$ と点 $P = (x, y)$ の間の近さ $V = (P, P_i)$ を(1)で定義し、この近さにもとづき、母点 i の勢力圏を決定する乗法重み付きボロノイ図(11)を考える。

$$V(P, P_i) = \frac{1}{v_i} l(P, P_i) \quad (1)$$

ここで、 $l(P, P_i)$ は P, P_i 間のユークリッド距離である。

3. ボロノイ図上での母点削除スケジューリングの例

4×4 正方形平面上に4点 $A(1,3), B(3,2), C(2,1), D(1,1)$ を母点としたボロノイ図（重みは全て $v_i = 1$ ）を図1に示す。

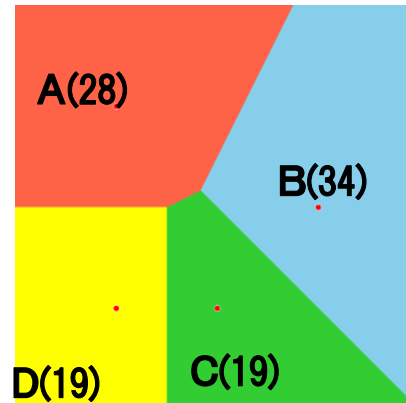
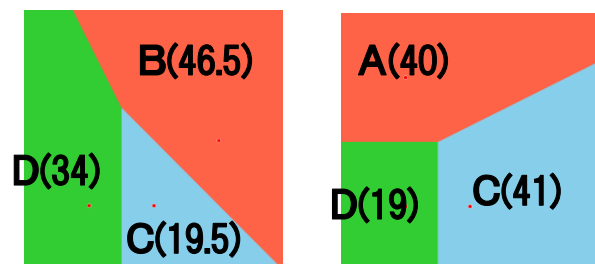


図1：4点A,B,C,Dを母点としたボロノイ図

4つの固着域 A, B, C, D でプレート接触面全域を支え、重みが全て1のときは、各固着域の固着力が等しい場合である。4つの母点のどれか1つを削除した場合のボロノイ図を図2(a)～(d)に示す。ある母点の削除は、その固着点での固着状態を何らかの方法で溶融・破壊し、その固着域での摩擦力の無効化を意味する。従って、その分の摩擦力は他の固着域への負荷となる。

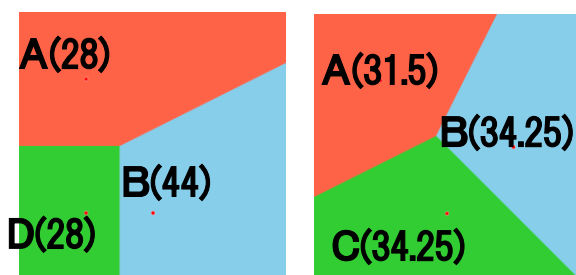


(a) 母点A削除

(b) 母点B削除

Scheduling Planned-Earthquakes using Voronoi Diagram

Masaaki SHINOHARA and Ken SHINOHARA



(c) 母点C削除 (d) 母点D削除

図2：1母点を削除したボロノイ図

図2(a)～(d)を比較すると、母点Bを削除した場合のボロノイ図において、各固着域での負荷(勢力圏面積)増加倍率の平均は1.53であり、母点A, C, Dを削除した場合の1.39, 1.26, 1.3と比較して最も大きいと評価できる。又、図3には、固着域Bでの重み $v_B = 2$ で、その他が1の場合($v_A = v_C = v_D = 1$)のボロノイ図を参考のために示す。

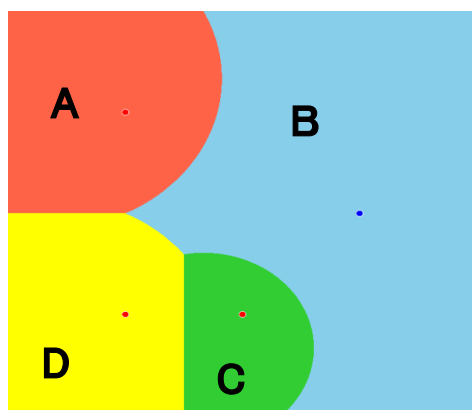


図3：固着域Bでの重みが2のボロノイ図

4. 技術的課題など

4.1. 固着点の破壊方法

適切な周波数を持つ物理的振動、電磁的振動、電磁波の集中照射などを最も効果的と考えられる固着点に適用する。

4.2. 人工地震の賠償問題

「人工地震による災害の賠償はどうするのか？」という問題が長い間の課題であった。しかしながら、3.11東北地方太平洋沖地震の発生による甚大な被害を目の当たりにし、このような大震災が防止／軽減できるのなら、政府主導による人工地震により起こされる災害に対して、政府として「免責」は、国民的合意が得られる、…と考える。

4.3. 太陽エネルギー発電衛星の展開

約40年前頃に将来有望な夢の宇宙開発技術の1つに、太陽エネルギー発電衛星（略してSPS, Solar Power Satellite）があった。軌道上に多数のSPSを配置し、太陽エネルギーをマイクロ波等の電磁波により地表の受電アンテナに送る構想である。宇宙空間から地表へのエネルギー伝送が効果的かつ安全ならば、莫大かつ無尽蔵なクリーンエネルギーを入手できる。ここで問題となったのは、SPSから地表の受電アンテナ地域へピンポイントで伝送される電磁波が数多くの環境破壊（気象条件の変化、地殻に対する影響、等々）を生起させる点が指摘されていた。

しかしながら、3.11東北地方太平洋沖地震により、日本におけるSPS構想の周囲状況は一変したと思う。浅い深度（10km前後）の人工地震を計画的に発生させて、より大きな地震を未然に防ぐという立場から、固着域に適切な電磁波をピンポイント照射する目的にもSPSを有効活用できるからである。このような環境アセスメントの制御下であれば、SPSの本来目的である太陽エネルギーの地表アンテナ受電も大きな問題なく実施できる。さらに既存の地表上の太陽光パネル発電施設との並置がより効果的と思われる。例えば、東京周辺では、東京湾、霞ヶ浦、九十九里沖などが太陽エネルギー受電アンテナ群の設置候補となる。

いずれも震源となりうる地域であり、電磁波のプレート固着域への影響が危惧されるが、計画的な人工地震のための固着域への電磁波のピンポイント照射等の管理・制御システムが確立されていれば、大きな問題には至らない。

5. おわりに

「災い転じて福となす」…3.11東日本大震災という大きな災難を経験したからこそ、人工地震プロジェクトは国民的合意が得られるものとする（すなわち、人工地震による被災も許容される）。これにより、地震大国日本から地震災害がなくなる日が遠からずやってくると確信する。さらに、人工地震プロジェクトは、太陽エネルギー発電衛星プロジェクトと連動しており、無尽蔵の太陽エネルギーを、新エネルギーとして手に入れることもできる。

参考文献

[1] 杉原 厚吉：なわばりの数理モデル、共立出版(2009)