

複数津波シナリオを考慮した津波観測点の最適配置に関する検討

東北大学	工学研究科	学生会員	○倉本 和俊
富士通研究所	人工知能研究所	非会員	牧野嶋 文泰
東北大学	災害科学国際研究所	正会員	Anawat SUPPASRI
東北大学	災害科学国際研究所	正会員	今村 文彦

表-1 断層パラメータ

断層長さ	断層幅	断層深さ	すべり量	走向	傾斜角	すべり角
45km	90km	1000m	10m	193°	14°	81°

1. 序論

沖合津波観測網は、津波の早期検知やリアルタイム予測に不可欠であり、日本では観測網の整備が進んでいるが、津波被害が想定される地域であっても経済的要因により観測網が未配備の地域も多い。津波の検知性能を満たした上で、観測網を効率的に配置する手法があれば、そうした地域での津波観測網の新規設置を検討する際に有用な情報を提供できる。本研究では、遺伝的アルゴリズム(GA)によって最適な津波観測網を探索する方法を提案する。本稿では複数津波シナリオを正解ケースとした数値実験を行った。津波シナリオは同規模で位置の異なるケースを設定し、対象とするシナリオの組み合わせによって得られる観測点配置と波源推定精度の違いを議論する。

2. 研究手法

本研究では、倉本ら(2019)¹⁾で提案されたGAによる単一M9シナリオを対象とした観測点の最適配置探索手法を、複数津波シナリオに適応させ、得られた解について議論する。この手法は、繰り返し波形逆解析を行なった結果を基に、解を効率的に探索する手法である。津波波形逆解析はtFISH²⁾を参考にし、図-1に示す様に観測点候補を50km間隔に100点、単位波源を25km正方で404個設定した。設定した複数津波シナリオの波源と、その伝播を非線形長波方程式で計算した結果を正解データとした逆解析によって求められた波源の誤差を観測網の性能指標とした。津波伝播計算はTUNAMIモデル³⁾を用い、空間格子間隔を1215m、時間格子間隔を0.1秒、再現時間を30分という条件で計算した。誤差は、各単位波源における正解と逆解析解の差の二乗和平方根を各シナリオで計算し、総和した。観測網のコスト指標は、観測点数とした。GAのパラメータは、個体数を500、交叉率を0.9、突然変異率を0.01、交叉方法を一様交叉、世代数を400とした。

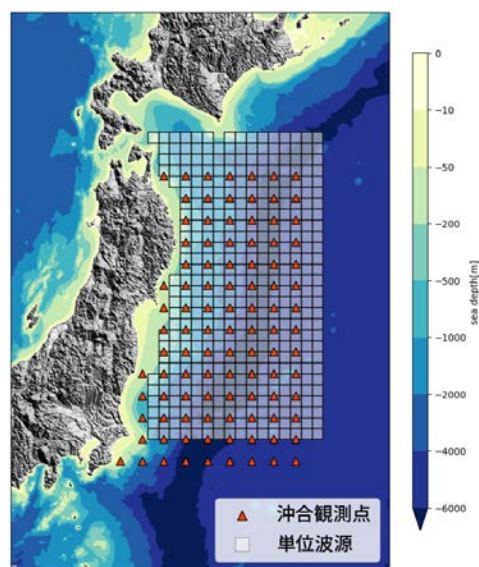
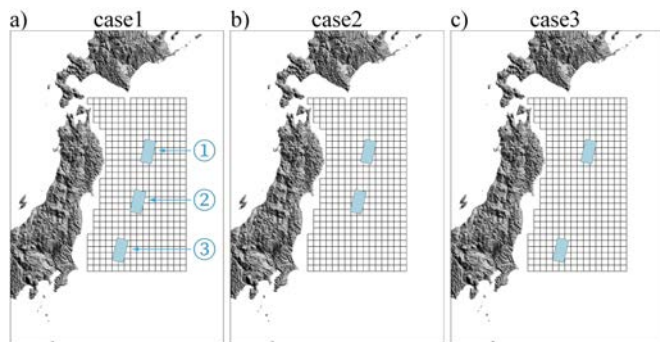


図-1 対象領域における観測点候補と単位波源の位置

図-2 GAで考慮する津波シナリオ
a) case1(①,②,③), b) case2(①,②), c) case3(①,③)

津波シナリオは日本海溝沿いのMw8.0を想定し、断層規模を津波レシピー⁴⁾に基づき、断層位置と地震メカニズムは東北大学モデル⁵⁾を参考にし、それぞれ設定した。断層パラメータは表-1に示す通りで、これに基づき設定されたシナリオは図-2aの①~③である。GAにおいて考慮する津波シナリオを変更した場合の違いを見るため、津波シナリオをcase1~3を図-2のように設定し、GA解析を行った。

3. 結果

GA解析によって得られた収束解を図-3に示す。図-3の横軸は観測点数、縦軸は逆解析誤差のシナリオ平均値となっている。case毎にシナリオ数が異なっているが、傾向比較をするために縦軸を平均値とした。図-3より、観測点数と逆解析誤差の関係を見ることができ、全てのケースで平均値は同様の傾向を示していることがわかる。続いて、収束解における観測点の選択頻度を図-4に示す。ただし、図-4において、収束解中で必ず選択されている点を橙色、一度も選択されていない点を白色にしている。図-4より、沖合の観測点を優先的に選択していることが、共通の傾向として見て取れる。これは、沖合の方が水深が深いため、波の伝播速度が大きく、再現時間内でより多くの波形を得ることができるためと考えられる。また、波源の中心付近を選択せず、波源を包囲する様に配置していることも共通している。これによって、case2と3では観測点の配置に、特に南側で差が出ている。

また、case2とcase3で欠落しているシナリオを、解析で得られた収束解を用いて逆解析した結果を図-5に示す。図-5a, bはシナリオ②, ③の逆解析結果である。図-5より、シナリオの欠落のないcase1は安定して誤差が小さいが、欠落のあるcase2, 3は誤差が大きくなっている。したがって、GA解析の対象とする津波シナリオに不足や漏れがないよう設定することが、安定した精度を持つ観測網を求める上で必要になると考えられる。一方で、case1の収束解が、シナリオ②, ③における誤差の最低値ではないことから、全体の誤差を最小化するために全シナリオの逆解析誤差を平均的に低減したと考えられる。これには、評価指標の設定と津波シナリオが同規模であったことが影響していると考えられる。

4. 今後の展望

本研究では、複数津波シナリオを考慮した観測点の最適配置探索を行い、観測点配置の選択傾向が共通していること、考慮する津波シナリオに不足がある場合は最適配置と言えないことがわかった。本稿では、同規模で位置の異なる津波シナリオを対象としたが、今後は異なる規模も含めたシナリオの場合に結果がどう変化するか検討する必要がある。また、観測網に早期検知性を求めるためには、現段階で考慮できていない到達時間を評価指標に組み込む必要がある。

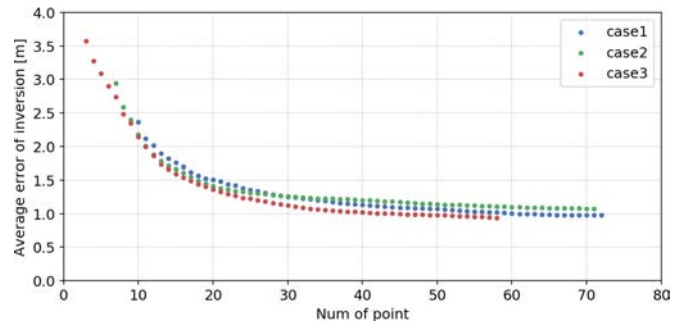


図-3 収束解の観測点数と逆解析誤差の関係図

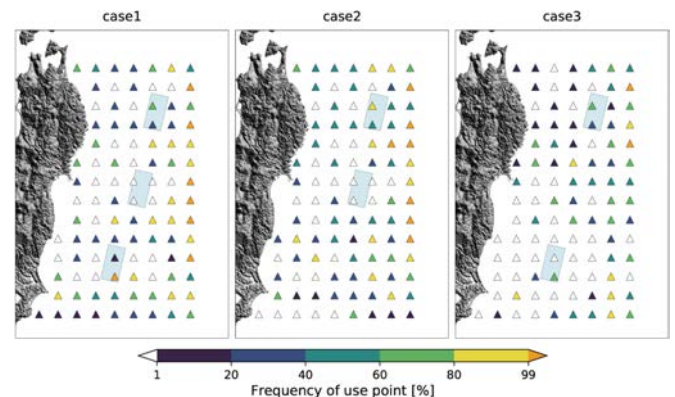


図-4 収束解中の観測点の使用頻度

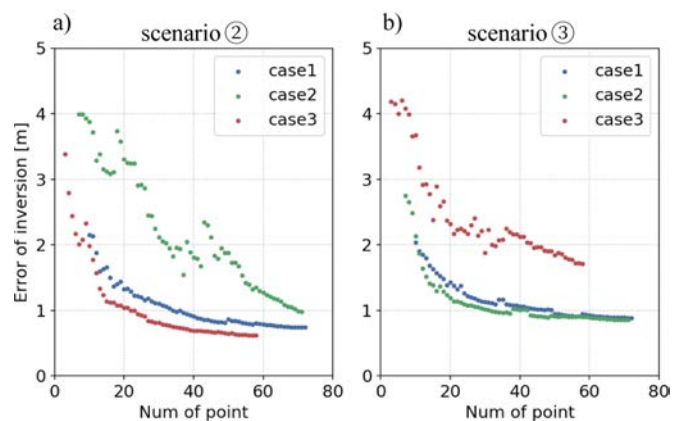


図-5 GA収束解による逆解析誤差比較
a) シナリオ②, b) シナリオ③

参 考 文 献

- 1) 倉本和俊, 牧野嶋文彦, Suppasri Anawat, 今村文彦: 遺伝的アルゴリズムを用いた沖合津波観測網の最適配置探索手法, 第38回日本自然災害学会学術講演会, 2019.
- 2) Tsushima H., Hino R., Fujimoto H., Tanioka Y. and Imamura F.: Near-field tsunami forecasting from cabled ocean bottom pressure data, *Journal of Geophysical Research* 114, B06309, 2009.
- 3) Goto, C., Ogawa, Y., Shuto, N. and Imamura, F. (IUGG/IOC TIME PROJECT): Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme No.35, 1997.
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 波源断層を特性化した津波の予測手法(津波レシピ), 2017.
- 5) 今村文彦, 越村俊一, 馬淵幸雄, 大家隆行, 岡田清宏: 東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施 東北大学モデルversion1.2, 2012.