

アメリカ原子力学会報告、105巻、2011年10月30日-11月3日、ワシントンD.C.
地球規模の原子力発電所立地における地震の影響の受けやすさ

Mark Reed (マサチューセッツ工科大核科学技術教室)

はじめに

2011年3月の福島原発事故の後、原子力プラントの地震リスクに関して多くの議論が行われた。潜在的なプラント現場での地震リスクの程度を評価する新しい方法が世界的に必要とされている。本研究では、(1) 地理学および(2) 地震履歴のみに基づいた議論と計算を用いて、そのリスクを定量化しようという試みである。

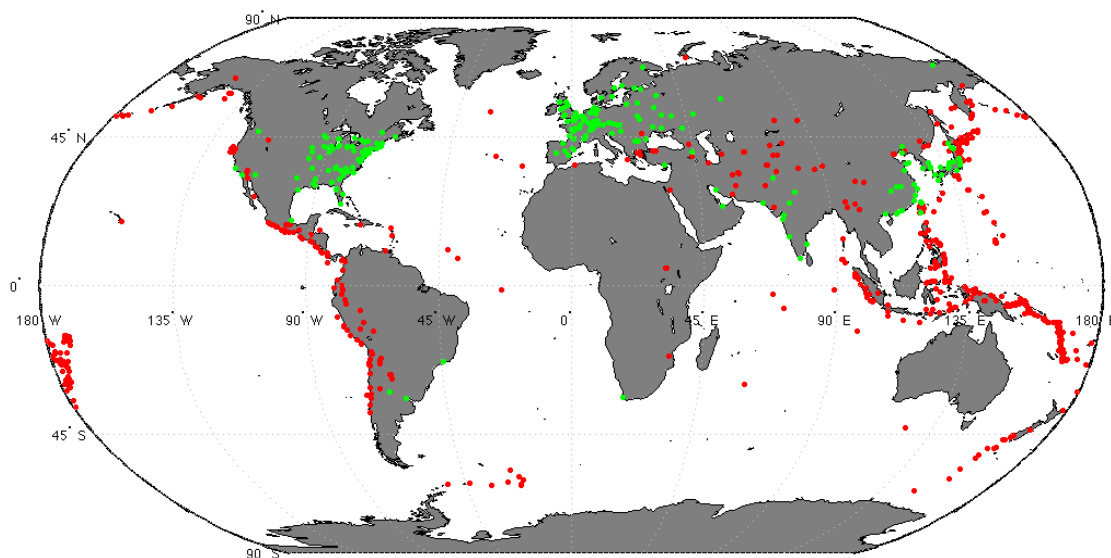


図1. 世界の原子力発電所（緑色）と、米国地質調査所により記録された1973年から2010年までの少なくともM7.0以上の全ての地震（赤色）。

実際の作業

我々は、特定の原子力発電所が過去の地震に対してその場所を考慮してどのように脆弱であるかを評価するための簡単なモデルを開発する。図1は、過去40年間にわたる重要な地震と比較した現在のすべての原子力発電所の位置を示している。

各プラントの「定量的な地震の影響の受けやすさ」(quantity seismic susceptibility)の具体的な値を提案する。我々はそれを次の2つの異なる計算式で定義する。

$$S_{sph} = \sum_i \frac{10^{R_i}}{r_i^2} \quad (1)$$
$$S_{cyl} = \sum_i \frac{10^{R_i}}{r_i}$$

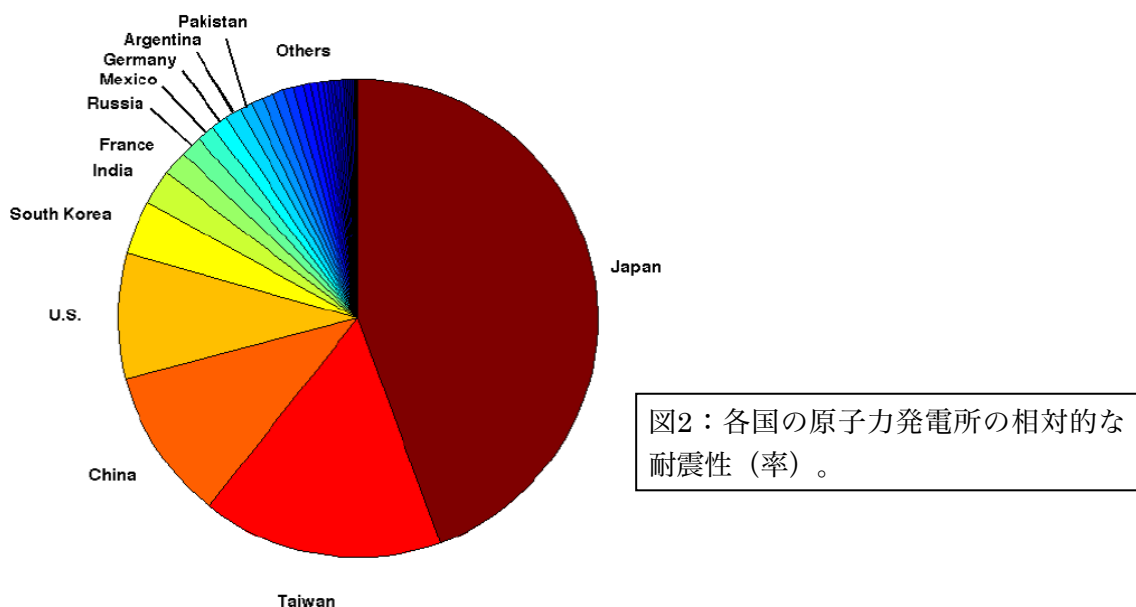
ここで、Sは個々のプラントの「影響の受けやすさ」であり、インデックスiは地表において記録された各地震を表す。

Riは各地震のリヒター振幅であり、その「振動振幅」（そのダメージポテンシャル）は

対数である。球状の広がり、地震波が地球を3次元的に伝播することを前提としている。円柱状の広がり、波が2次元的に伝播することを前提としている。地球の地殻は比較的薄い殻であるので、円柱伝播のほうがおそらくより正確な値である。

しかしながら、モデルの「影響の受けやすさ」を評価するために二つのアプローチを提示する。この分析では、 r は原子力発電所と地震の震央との間の「大円」距離とする。我々は地質の特性やプラント設計については考慮していないが、将来、このモデルを2つの領域で拡張する予定である。

現在の原子力プラントの立地をランク付けするために、「影響の受けやすさ」を利用することができる。また、図2に示すように、各国が選定した立地の「影響の受けやすさ」を推定するためにも使用できる。驚くべきことではないが、日本は全世界の「影響の受けやすさ」の総和の大部分を占めている。



まとめ

世界中の222の原子力発電所について「地震の影響の受けやすさ」をランク付けした。福島第一原発は2つのモデル（それぞれ球状および円筒状）で第5位または第6位にランクされる。ただし、2011年の地震データは解析に含まれていないが、2011年の東北地方太平洋沖地震に近接した女川原発は両モデルで、1位にランクされる。

各国の相対的な地震の「影響の受けやすさ」総和を求めると、日本はダントツの1位を占め、台湾、中国、米国と続く。皮肉なことに、福島県での事故を機に、安全性が懸念される中、原子力発電を段階的に廃止することを決めたドイツは、「地震の影響の受けやすさ」から言えば、低い国にランクされている。

さらに、全世界の実際の敷地について（1）一様に分布している原発敷地の集合体（すべての陸地にわたって原発の密度が均一であるような）と（2）人口密度に比例した発電所の分布密度の集合体を比較することができる。実際のサイトは一様に分布しているサイトより影響を受けにくいものの、実際の敷地の影響の受けやすさは人口密度を考慮して分散しているサイトよりもはるかに「受けやすさ」が低いことがわかる。