

jh150039-NA23

豊国源知(課題代表者, 東北大学)・竹中博士(岡山大学)・江川隆輔(東北大学)

グリーンランド氷床モデルを用いた2.5次元理論地震波形計算



1. 研究の目的

北極グリーンランドでは2009年から広帯域地震観測が続けられており、氷床の影響を受けた地震波形が多数観測されている。これらは波形を用いた地下構造解析の際にはノイズとなる一方、氷床の内部構造や時間変化を調べる手がかりともなる。本研究課題は、効率の良い理論地震波形計算により、氷床起源の波動場が震源の位置・放射特性等の違いでどのように現れるかを調べ、その生成メカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. グリーンランドにおける地震観測と日本の貢献

2008年以前には、厳しい気候条件や氷床へのアクセスの難しさによって、グリーンランドとその周辺の島々に置かれた地震観測点は16点しかなく、このうち氷床上の点はわずか1点のみであった。このため2009年に、国際共同でグリーンランドとその周辺の島嶼地域に広帯域・リアルタイム地震観測網を構築するプロジェクト「GreenLand Ice Sheet monitoring Network (略称GLISN)」が発足した。GLISNプロジェクトには11カ国が参加しており、航空機による機動的な観測によって、現在は氷床上に新設された3点の地震計を含む、計33点の地震観測点が稼働している(図1a)。日本はGLISNプロジェクト発足当初からの参加国であり、本格的な観測がスタートした2011年から毎年観測隊を派遣して、観測網の構築とメンテナンスに携わっている。申請者も日本のGLISNチームのメンバーとして、これまでの4年間に、氷床上の観測点1点(観測点コードICESG)の新設、および他の氷床上の観測点2点(DY2G, NEEM)と露岩域の観測点3点(NUUK, SOEG, DBG)のメンテナンスを行ってきた(Toyokuni et al., 2014, AR)。プロジェクト全体でも氷床上の観測に携わっているのはアメリカと日本のみであり、氷床上の観測に対する日本の貢献は非常に大きいといえる。

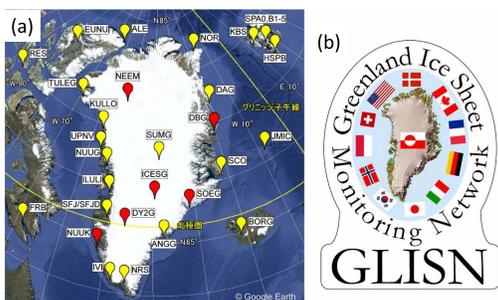


図1: (a) GLISN地震観測点の分布。赤色は日本隊が設置・メンテナンスを行った点、黄色はその他の点。(b) GLISNのロゴ。

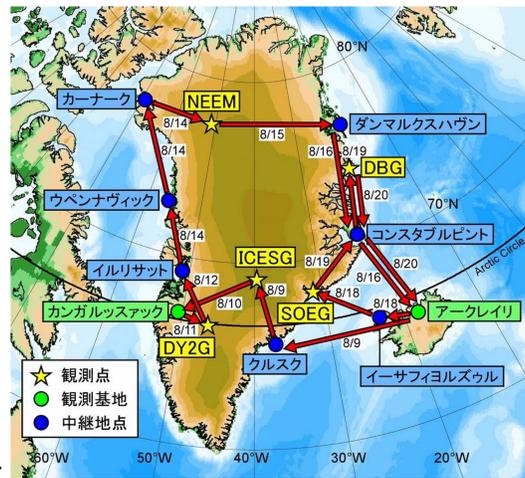


図2(右): 2014年の日米隊の観測行程概略。赤矢印とその横の数字は、航空機の移動経路と移動日。



図3: ICESG観測点に設置された地震計(上)と設置の様子(中, 下)。

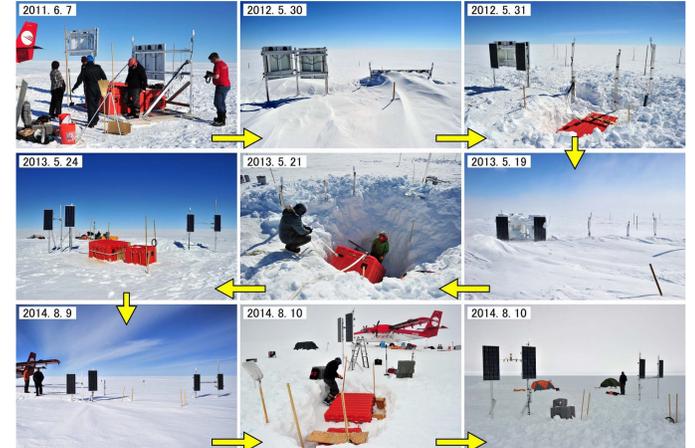


図4: ICESG観測点の4年間の外観の変化と作業の様子。

3. 手法とこれまでの研究成果

氷床を通過した地震波の波形は、氷床による反射波や変換波によって、通常の観測波形と大きく乖離した特徴が見られることが知られている。図1bで示した例はグリーンランド南端の浅部(深さ10 km)で発生した地震の波形であり、氷床の影響により(1) P波やS波の立ち上がりが不明瞭、(2) 周期数秒で小振幅の鋸歯状の波が現れる、(3) S波の後続波部分に大振幅の波群(点線枠部分)が現れる、といった特徴が見られる(Toyokuni et al., 2014, AR)。課題で利用する計算手法は、申請者がこれまで開発を行ってきた、ローカルな地震波伝播を精度と効率よく計算する手法「円筒座標系2.5次元差分法」である(Takenaka et al., 2003, GRL; Toyokuni et al., 2012, InTech)。2.5次元計算とは、媒質の2次元構造断面上で3次元の波動場を計算する方法であり、通常の3次元計算の1万~10万分の1の計算資源で現実的な波動場を計算できる。本研究の特色は、手法の効率の良さを活かし、様々な構造・震源モデルに適用し多数の計算を実行することで、グリーンランド氷床が観測波形に与える影響を網羅的に捉えられる点にある。

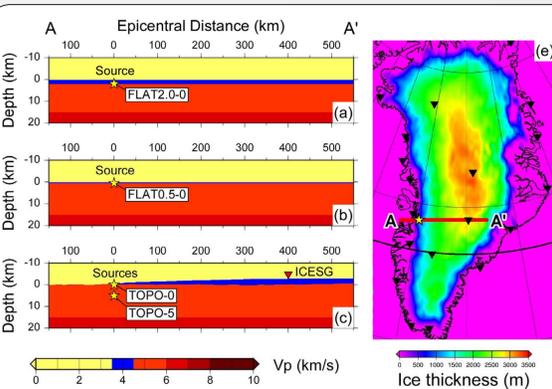


図5: ICESG観測点を通る東西断面(A-A')について、氷床を含む3種類の構造モデルを作成した。(a) 氷床厚2 km一定の水平成層、(b) 氷床厚0.5 km一定の水平成層、(c) 現実的な地形・氷床厚分布。

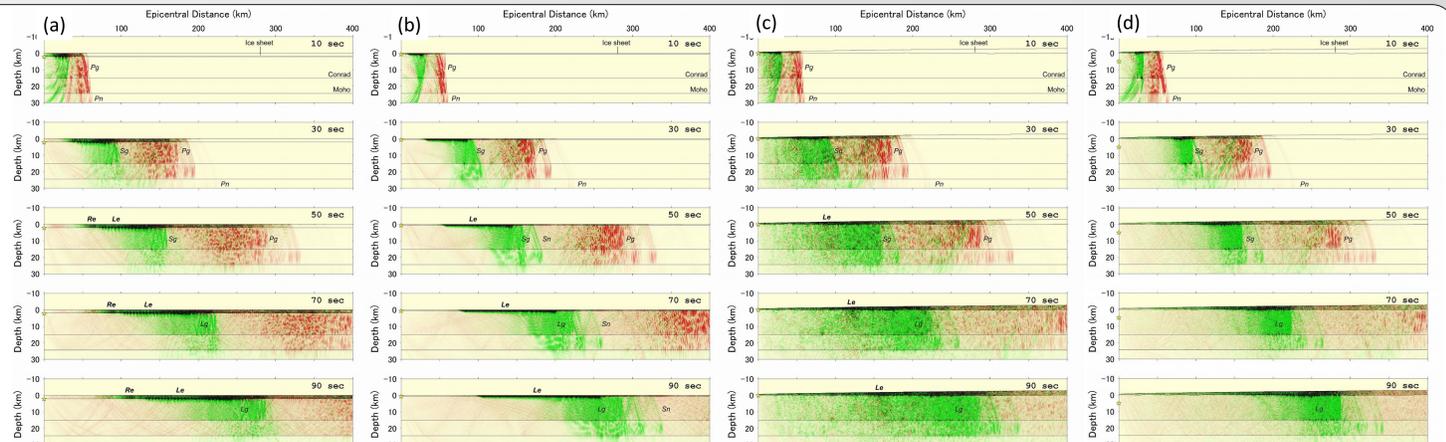


図6: 3つのモデルに対する波動伝播のスナップショット。(a) 氷床厚2 km一定の水平成層、(b) 氷床厚0.5 km一定の水平成層、(c)(d) 現実的な地形・氷床厚分布。震源は(a)-(c)は氷床直下、(d)は氷床下5 kmに置いた。

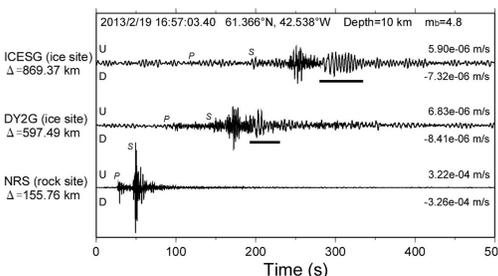


図7: 氷床上の2観測点(ICESG, DY2G)と、露岩上の1観測点(NRS)で観測された地震波の上下動成分。氷床上の波形には、氷床の影響を受けたと思われる後続波が顕著に見られる(黒線部分)。

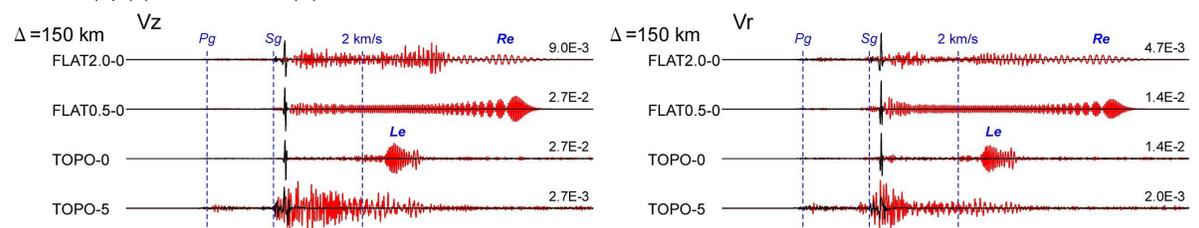


図8: 図6の4つの計算例における震央距離150 kmにおける理論波形。(左)上下動成分、(右)水平動成分。地形を与えると地震波のエネルギーの大部分が地殻内に漏出し、氷の影響を受けた波は時間的に狭い範囲だけが残る。

4. これからの研究計画

上の例では、東西断面の一部分のみを取り扱った。今後はプログラムのチューニングとMPI化を進め、長さ2000 kmに亘る南北断面全体について現実的なシミュレーションを行い、観測波形との比較を行う予定である。