

Aktywne eksperymenty sejsmiczne z wykorzystaniem czujników OBS (ang. Ocean Bottom Seismometer) niezmiennie pozostają preferowanymi metodami w badaniach budowy litosfery na morzu. Dzięki nim mamy szansę na zrozumienie procesów geodynamicznych zachodzących w rejonach grzbietów oceanicznych lub strefach subdukcji, wpływających m.in. na występowanie niszczących trzęsień ziemi. Jednak dokładne obrazowanie głębokich ośrodków geologicznych wymaga aktywnego rozwoju technologicznego przełamującego typowe ograniczenia związane z pomiarami i przetwarzaniem skorupowych danych sejsmicznych.

Aktualnym celem rozwoju tego typu eksperymentów jest przejście do nowej generacji trójwymiarowych pomiarów wykorzystujących zarówno gęste rozstawy OBS jak i konfiguracje długich, wielokanałowych streamer'ów typu MCS (ang. Multi-Channel Streamer) zapewniających pokrycie o zróżnicowanym azymucie. Pomimo rosnących pul instrumentów oraz stopniowego wzrostu dostępu do nowoczesnych systemów akwizycji, eksperymenty tego typu wciąż stanowią wyzwanie pod względem logistycznym. Z drugiej strony wspomniana ewolucja w dziedzinie pomiarów sejsmicznych musi iść w parze z intensywnym rozwojem metodologicznym w kwestii przetwarzania danych, np. rozwojem metod inwersyjnych takich jak inwersja pełnego pola falowego (ang. Full Waveform Inversion - FWI), umożliwiająca budowę skorupowych modeli prędkości o wysokiej rozdzielczości.

Z założenia, FWI jest technologią dedykowaną budowie modeli litosfery w oparciu o iteracyjne dopasowywanie syntetycznych danych sejsmicznych symulowanych w modelu do rzeczywistych sejsmogramów pomierzonych w czasie akwizycji. Od czasu opublikowania pionierskiej pracy Alberta Tarantoli w 1984 roku, FWI była aktywnie rozwijana zarówno w środowisku akademickim, jak i w przemyśle naftowym i gazowym. Metoda ta jest szczególnie atrakcyjna, ponieważ pozwala na obrazowanie sejsmiczne o znacznie lepszej rozdzielczości, w porównaniu np. z modelami uzyskanymi w wyniku tomografii czasu pierwszych wstąpień (ang. First Arrival Tomography, FAT; połowa długości fali w porównaniu do szerokości pierwszej strefy Fresnela) i może być zastosowana w rekonstrukcji wieloparametrowej, np. gęstości lub tłumienia.

Pomimo imponującego rozwoju FWI w ciągu ostatniej dekady, jak do tej pory przeprowadzono tylko kilka udanych prób aplikacji FWI do danych typu OBS w skali skorupowej. Toteż cel naukowy projektu jest dwójaki i obejmuje zarówno zadania eksperymentalne, jak i metodologiczne. Naszym nadrzędnym celem jest wykorzystanie syntetycznych i rzeczywistych danych typu OBS w połączeniu z nowatorskim przetwarzaniem - FWI - w celu zrozumienia geodynamicznej ewolucji oraz zrekonstruowania w wysokiej rozdzielczości struktury geologicznej strefy subdukcji Nankai w Japonii. Rejon ten jest jedną z najbardziej złożonych i fascynujących stref subdukcji na Ziemi, będącej przedmiotem szerokich badań. W szczególności, ze względu na bliskość strefy kolizji między łukiem Izu-Bonin a centralną Japonią, segment Tokai (wschodnia część strefy subdukcji Nankai) charakteryzuje się wysoką złożonością geodynamiczną oraz skomplikowaną deformacją otaczających struktur. Między innymi w tym rejonie dochodzi do formowania się wulkanicznych grzbietów oceanicznych, które subdukując mogą kontrolować powstawanie i propagację dużych trzęsień ziemi.

Z metodologicznego punktu widzenia, poprzez ten projekt chcielibyśmy postawić i zweryfikować tezę, że trójwymiarowa FWI skorupowych danych sejsmicznych pomierzonych wzdłuż dwuwymiarowych profili w geologicznie złożonych obszarach (np. strefach subdukcji) daje lepsze wyniki w zakresie rekonstrukcji modelu i dopasowywanie danych w porównaniu z jej dwuwymiarową wersją. Istotnie, jeśli rozważymy dwuwymiarową akwizycję danych sejsmicznych w skomplikowanym ośrodku geologicznym, musimy mieć świadomość propagacji frontu falowego także poza oś profilu akwizycji. Stąd sejsmogram zarejestrowany na pozycji odbiornika, reprezentuje informację zebraną wzdłuż przebiegu wykraczającego poza dwuwymiarową płaszczyznę, zatem będącego w rzeczywistości przebiegiem trójwymiarowym. Znaczenie tego efektu wydaje się szczególnie ważne w przypadku skorupowych profili sejsmicznych, gdzie odległości między źródłem a odbiornikiem są wyjątkowo duże, a zatem front falowy jest bardziej podatny na propagację poza dwuwymiarową płaszczyznę profilu. Dlatego też podejście uwzględniające rekonstrukcję modelu jedynie w dwóch wymiarach jest obciążone nieścisłością w stosunku do rzeczywistego trójwymiarowego rozchodzenia się fal sejsmicznych.

W pierwszej kolejności zweryfikujemy naszą hipotezę na syntetycznym zbiorze danych OBS wygenerowanym w realistycznym modelu strefy subdukcji. W tym celu skonstruujemy trójwymiarowy, lepko-elastyczny, skorupowy model o wysokiej rozdzielczości, odpowiedni do testowania różnych podejść tomograficznych i dostępny dla społeczności geofizycznej na całym świecie. Następnie przeprowadzimy syntetyczne testy FWI w wariantach dwu- i trójwymiarowym w celu sprawdzenia, w jaki sposób uwzględnienie trójwymiarowego rozchodzenia się fali poprawia ostateczne wyniki inwersji. Ostatecznym celem będzie przeniesienie zebranych obserwacji z testów numerycznych na analogiczną aplikację FWI do zbioru rzeczywistych danych OBS. W tym celu wykorzystamy dane zarejestrowane na długości 210 km w rejonie Tokai. Na tej podstawie zrekonstruujemy model prędkości o rozdzielczości pozwalającej na dokładną interpretację geologiczną rejonu.