

原子時計式海底地震計の可能性

Feasibility of a pop-up ocean bottom seismometer with an atomic clock

勝間田 明男 [1]; 浜田 信生 [2]

Akio Katsumata[1]; Nobuo HAMADA[2]

[1] 気象研究所; [2] 気象庁

[1] Meteorological Research Institute, JMA; [2] JMA

地震観測において時計精度は、最も重要な技術要素の一つである。定常観測網や陸上のにおいては、GPS 信号を受信することにより高い時刻精度が得られている。しかし、海底で行う臨時観測に用いる自己浮上式海底地震計の場合には、数週間から 1 年に及ぶ観測の時刻精度を決めるのは内蔵時計以外にない。内蔵時計であっても震源決定や速度構造推定に必要な 0.1 秒程度の時刻精度は確保されているが、より高い時刻精度は常に求められている。

自己浮上式海底地震計を、弾性波アクロスの解析に使用しようとした場合に、0.1 秒の時刻精度では不十分となる。アクロス信号の処理には、S/N 比を得るための信号のスタッキングが必須である。最低限サンプリング間隔以上の時刻精度が必要とされる。更に、アクロス信号解析においては、波形の相関をとることにより 100sample/s のデータから 0.1ms の走時変化の検出が可能となっている。

仮に 3ヶ月間の観測において 0.1ms の時刻精度を保とうとすると、 $0.1 \times 10^{-3} / (3 \times 24 \times 3600) = 1.3 \times 10^{-11}$ の時計精度を必要とする。現在使われている水晶振子による時計では様々な補正を加えても $10^{-7} \sim 10^{-8}$ の精度であり、所望の精度には至らない。

最近、小型サイズの原子時計の開発が進んでいる。原子時計の場合 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ の精度が得られる。0.1ms の走時変化を検知することは難しいかもしれないが、スタッキングは十分可能と期待される。機器組み込みにとって重要である小型化と省電力化も進んでいる。原子時計は、宇宙技術や GPS 組み込み機器への応用を目指して開発させている様子である。Symmetricom 社や Honeywell 社などが、開発を行っている。

自己浮上式海底地震計に組み込む際には、大きさと消費電力が問題となる。大きさに関しては既に入手可能な製品に 50cm^3 のものがあり、十分なレベルにあると言える。しかし、消費電力に関して求められる条件が厳しい。現在 3.5V/30Ah ほどのリチウム電池 10 数本を用いる方式などが用いられている。このような場合には、1500Wh の電力容量となり、4ヶ月間程度観測するとすると 0.5W の電力供給となる。

現在入手可能な原子時計のユニットは 5W ほどの電力消費があり、現在の海底地震計に比べて消費電力が大き過ぎる。しかし、試験研究段階では 0.1W 程度のもも試作されている様子であり、将来的には自己浮上式海底地震計への組み込みが期待できる。