

11 - 2 海底地殻変動観測システム開発

Development of an observation system for seafloor deformation

名古屋大学大学院環境学研究科

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

名古屋大学では、船上 - 海底間の超音波音響測距とキネマティック GPS による船の測位を組み合わせた「海底地殻変動観測システム」(第1図)の開発・実験を行なっている。

船上局(観測船)には、超音波測距信号の送受信、信号処理(測距信号の走時読み取り)、およびデータ収録を行なう「船上ユニット」を設置する。船上ユニットには、GPS タイムサーバ(送信の同期と刻時用)、方位計(船首方向測定)、2軸傾斜計(ロール、ピッチ測定)からのデータも入力される。得られた測距データと GPS、CTD による測定データを加えて海底局の位置を決定する。

音響測距原理は次のとおりである(第2図)。船上局から海底局に超音波測距信号を4秒毎に送信する(この時刻を0とする)。海底局では、測距信号の認識(検出)のために、基本波形(送信したはずの波形)との相関処理を行う(処理時間 T_{C1})。測距信号が時刻 T_1 に到来したと判断した海底局は、あらかじめ設定した遅延時間 T_D (0.1秒前後;可変)後に新たな測距信号を船上局に向かって送信する。その信号は、同様の相関処理(処理時間 T_{C2})により、船上局において時刻 $T_1+T_D+T_2$ に認識される。相関処理時間 T_{C1} と T_{C2} はあらかじめ分かっているので、 $(T_1+T_D+T_2) - (T_{C1}+T_D+T_{C2})$ を計算することにより、往復走時 $T_1+T_2 - (T_{C1}+T_{C2})$ を求めることができる。音響測距信号としては、信号長4.37ms、変調幅8~12kHzのチャープ波(周波数変調波)を用いている。我々のシステムでは、船体や海底などからの(多重)反射波を海底局からの測距信号であると誤認しないために、船上局からはアップチャープ波(周波数を6kHzから12kHzにリニアに変調したチャープ波)を送信し、海底局からの測距信号にはダウンチャープ波(周波数を12kHzから8kHzにリニアに変調)を使用するという工夫を施している。つまり、信号に「色」を付けている。船上および海底両局では、各測距信号を16ビット、30kHzサンプリングでA/D変換した波形を相関処理に用いている。

2000年6月から始めた実海域での測距実験では、串本沖、鳥羽沖、浜島沖、駿河湾で計6回、水深1500m前後の洋上において、キネマティックGPS測位も含めたシステム全体の試験を行なった。串本沖で行なった実験段階最初の試験(2000年6月)では、海底局の水平方向位置決定誤差は20cmであった(田所ほか、2000)。その後、精度向上(誤差軽減)のための改良・実験を繰り返すことにより、2000年10月と2001年1月の駿河湾での実験において、海底局の水平方向位置決定誤差を5~6cmにまで軽減することに成功した。

システム全体の精度を評価するためには、キネマティックGPSの測位精度も議論しなければならない。GPSによる測位というと既に完成された技術のように思われがちだが、実はそうではない。キネマティックGPSの精度が保証されているのは、基線長がたかだか10km程度までである。したがって、南海トラフ等の陸から100km以上離れた海域での測距に使用する場合、どの程度の精度があるのかを十分に吟味しなければならない。この点を考慮して、「実験段階」においてキネマティックGPSの測位精度評価のためのGPS単独での実験も繰り返し行なってきた。

基線長別の精度評価を行うために、以下のように基準局と移動局を設置し、「基線長別誤差評価

実験」を行なった：

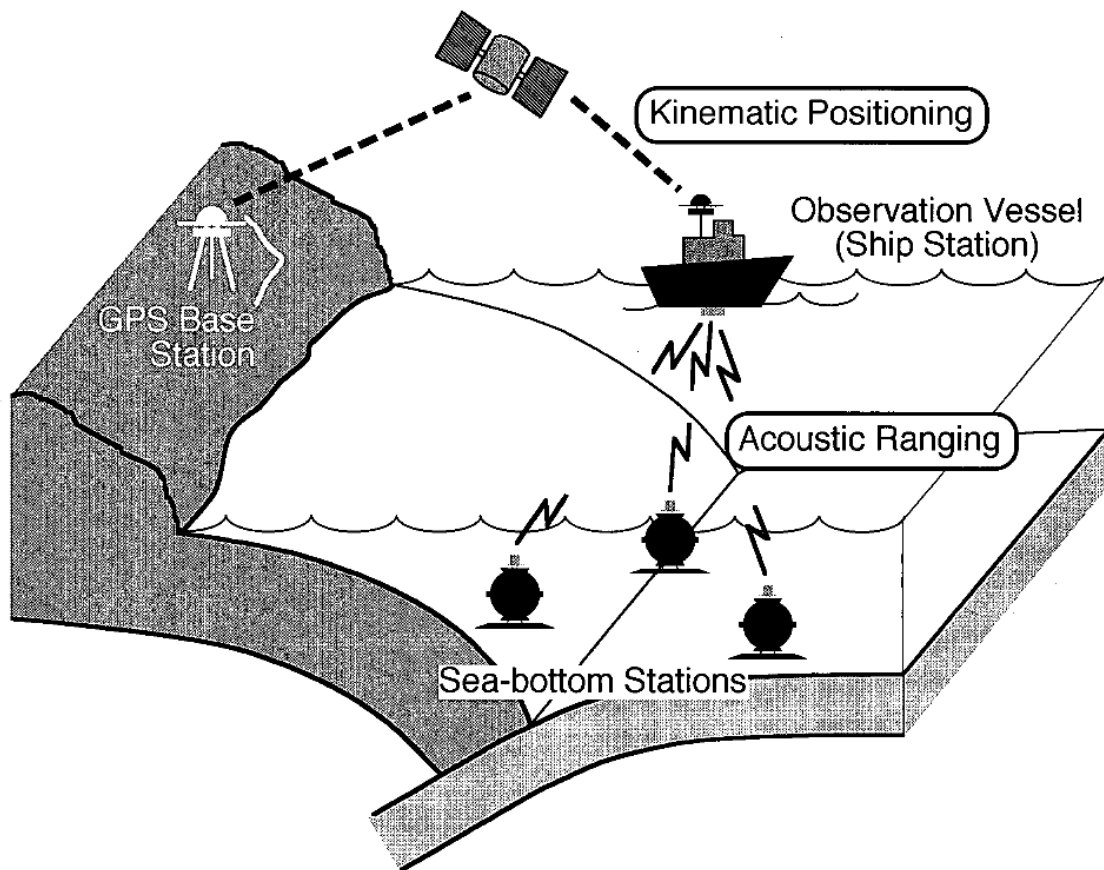
- ・移動局 京都府宇治市，10m 間隔のピラーの間でアンテナを移動させた
- ・基準局 移動局から 9～261km 離れた 6 点に設置（第 3 図）

実験の結果，以下の事柄が明らかになった：

- 1) 基線長が長くなるにつれて系統誤差が 2 次関数的に増加することが明らかになった（第 4 図）。特に，100km を越えるような基線長は設定するべきではないことが示唆される。したがって，南海トラフ等の海溝軸付近で測位を行う場合には，中継船やブイを間に浮かべて，基線長を短くする工夫が必要であろう。これに関しては今後の課題である。
- 2) スタティック測位では，PDOP < 5～6 のデータのみを使用して測位を行うのが通例であるが，キネマティック測位では，さらに条件を厳しくして，PDOP < 3 のデータのみしか用いてはならない。このことは，音響測距結果と組み合わせて海底局位置を決定する際のデータ選別に大いに役立つ情報である。PDOP の善し悪しは衛星配置に関係してくるので，予報暦を用いてあらかじめ衛星配置を把握し，観測計画を立てる必要がある。

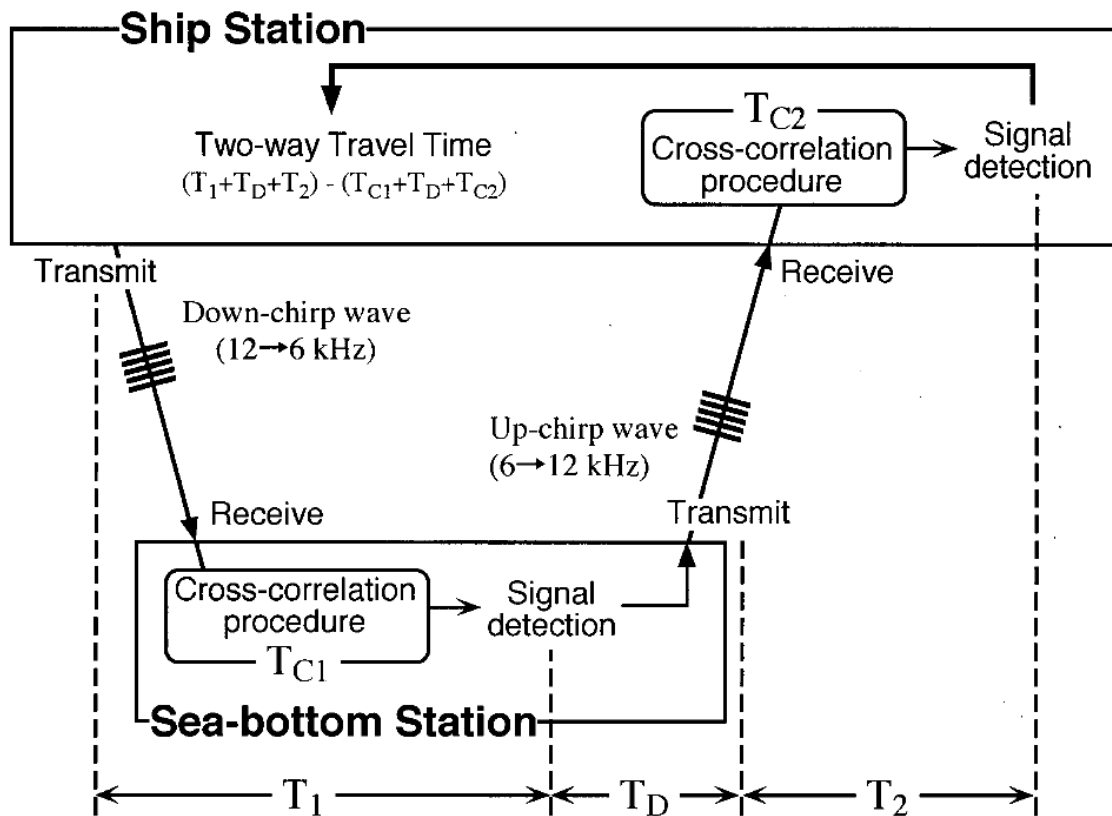
参 考 文 献

- 1) 田所敬一・ほか，2001，地学雑誌，110，355-361。



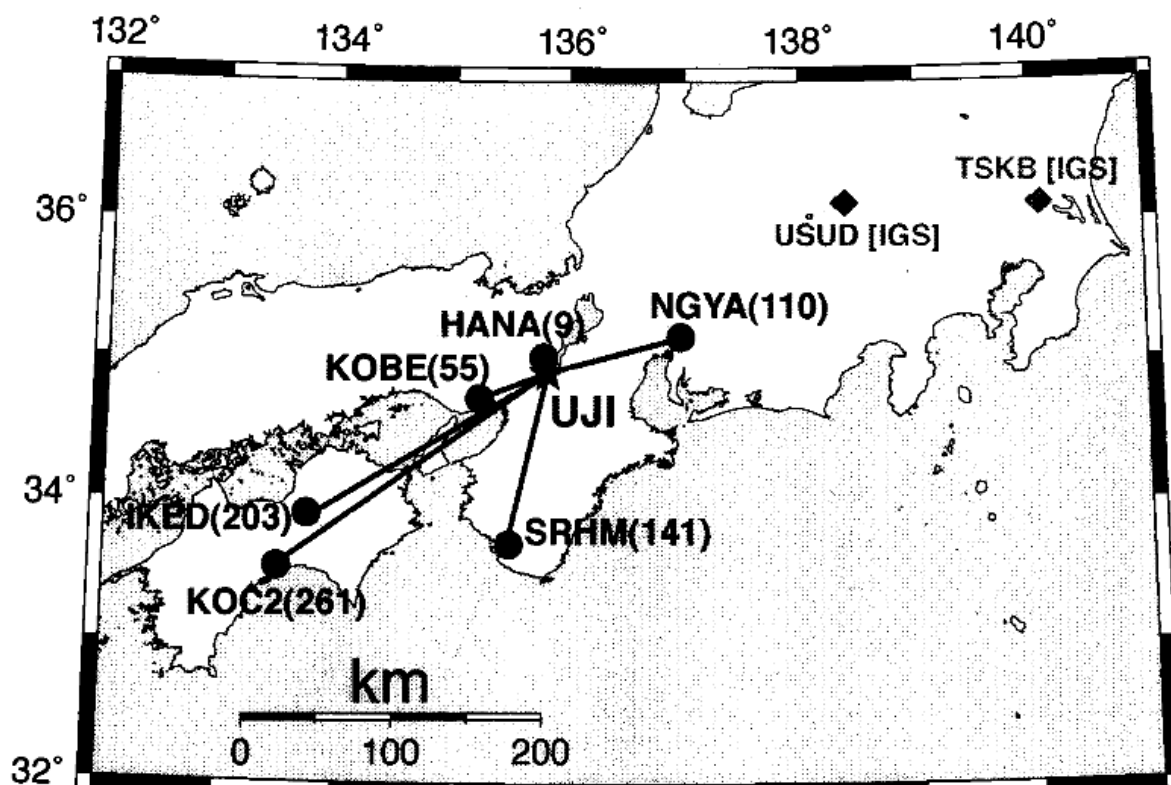
第 1 図 海底地殻変動測定 の概念図 .

Fig.1 Configuration of our observation system for ocean bottom crustal deformation.



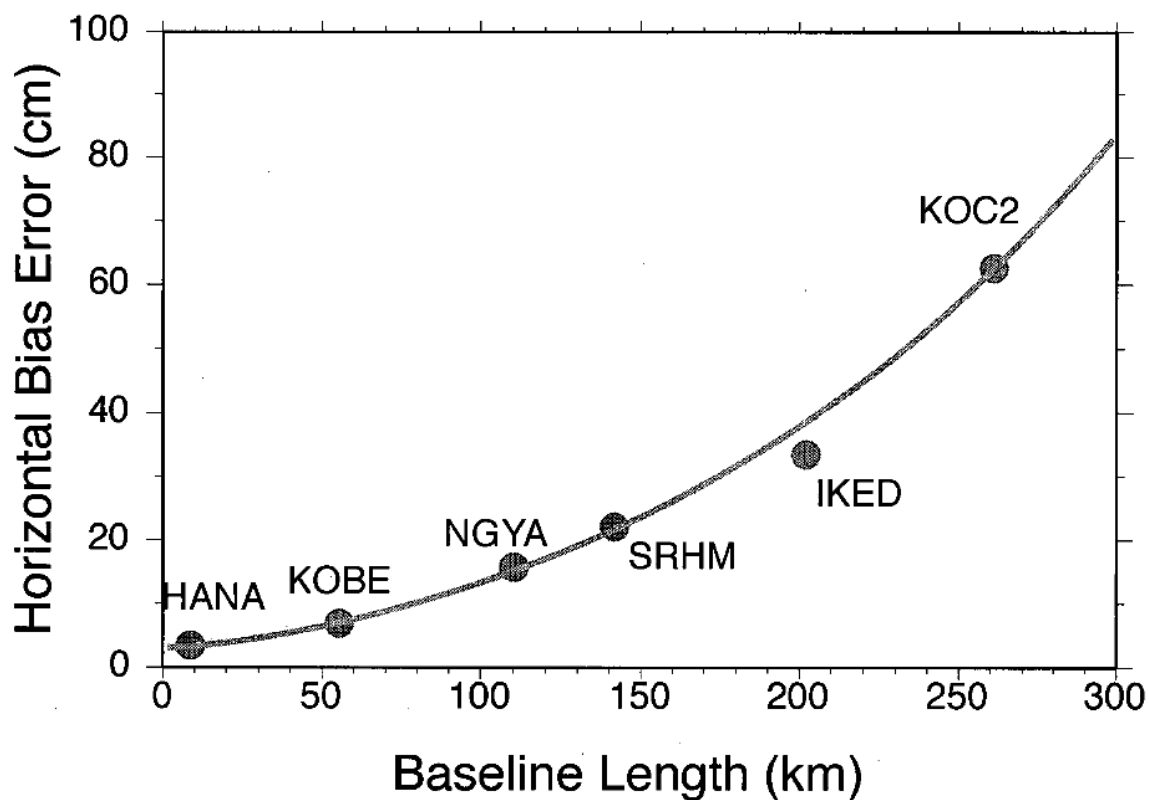
第 2 図 音響測距原理の模式図 .

Fig.2 Schematic illustration showing the principle of acoustic ranging.



第3図 基線長別キネマティックGPS誤差評価実験の際に設定した基線．カッコ内の数字は基線長を示す（単位：km）．

Fig.3 Map showing locations of base and rover stations for the experiment of kinematic GPS positioning. Numbers in parenthesis are baseline lengths (in km).



第4図 基線長別キネマティックGPS誤差評価実験の結果（系統誤差）．

Fig.4 Result of kinematic GPS experiment (bias error).