追加資料１

平成 26 年３月７日
気象庁地震火山部

沖合の津波･潮位等の観測データの津波防災への利用上の留意事項の解説資料

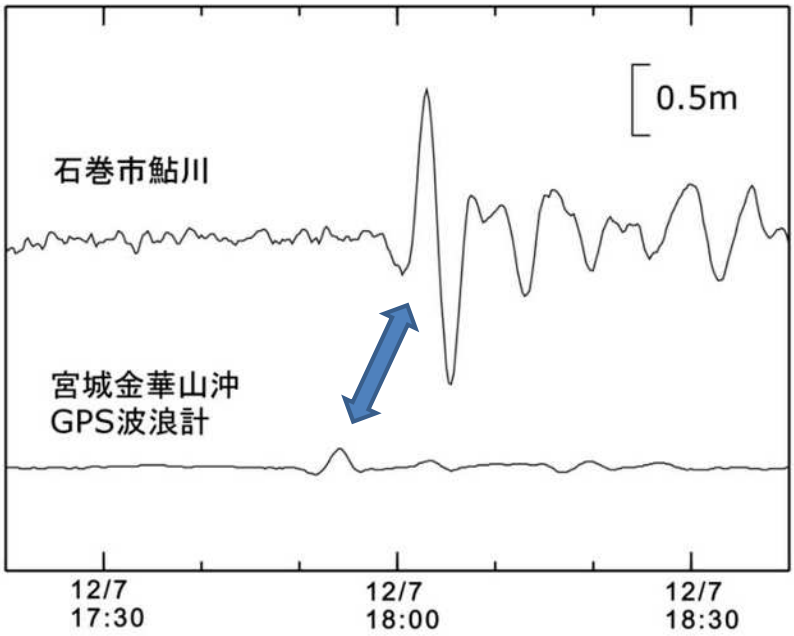
本資料は、「沖合の津波・潮位等の観測データの津波防災への利用を目的とした提供について」（平成 26 年２月 28 日気象庁地震火山部）第２項「沖合津波・潮位観測データの利用上の留意事項」に示された留意事項をより適切に、地方自治体の担当者等の利用者に理解していただくために、具体的な例を示して項目毎に解説したものである。

大きくは「津波の性質」と「観測データの見方」に分けられ、それぞれ、津波の現象の性質として留意すべき事項と、観測データを解釈して活用する上で留意すべき事項を解説している。

津波の性質（1）

津波は水深が深いほど速く伝わる性質があり、沖合で観測された津波の高さが低くても、水深の浅い沿岸に近づくに従い伝わる速さが遅くなるため、後から来る波が追いついて陸地に近づくに従い津波の高さが高くなる。沖合の津波の高さで津波の規模を過小評価しないよう注意が必要。

平成24年（2012年）12月7日の三陸沖の地震（M7.3)の津波波形

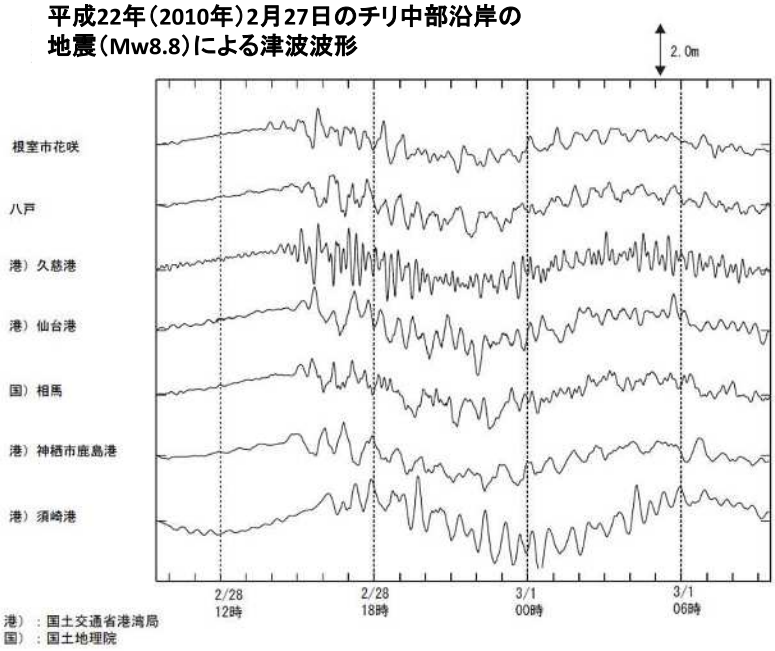


宮城県の沿岸から約10km沖合に設置されている「宮城県金華山沖」のGPS波浪計で観測された津波の最大波は0.1m程度であったが、沿岸の石巻市鮎川（宮城県）では1m近い津波の最大波が観測されている。

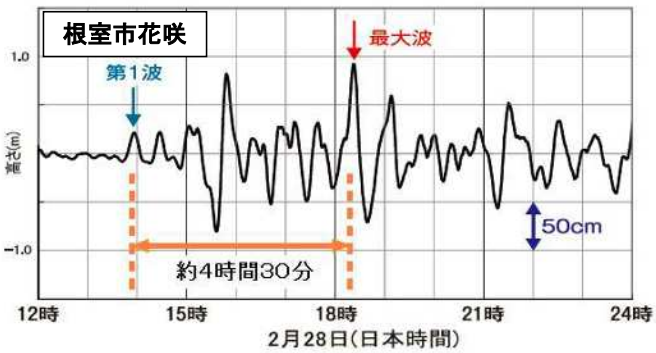
津波の性質（2）

津波は何度も繰り返し来襲し、長い場合は1日以上にもわたって継続することがある。また、津波の第1波が最も高くなるとは限らず、第1波より後からやってくる波のほうが高くなることがある。津波警報等が発表されている間は避難を継続することが重要。

平成22年（2010年）2月27日のチリ中部沿岸の地震（Mw8.8）による津波波形



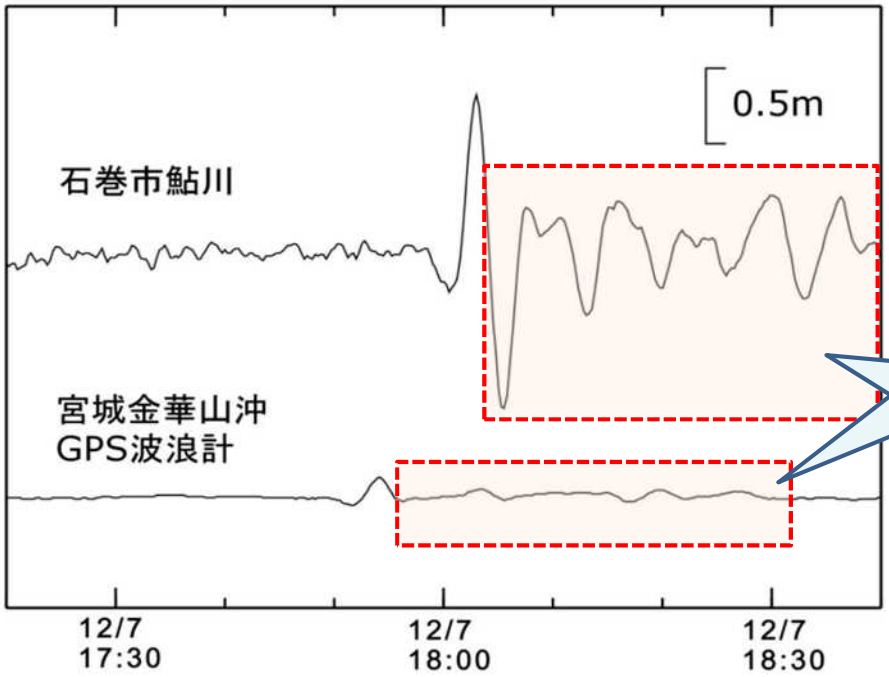
「根室市花咲」では第1波到達後、約4時間30分後に最大波を観測



津波の性質（3）

津波のエネルギーは、沿岸地形での反射や屈折などにより沿岸付近に留まる性質があるため、時間が経過して沖合で観測される津波の高さが小さくなったとしても、沿岸の津波が小さくなっているとは限らない。沖合の津波が小さくなったことによって、沿岸でも津波がおさまっていると判断することは危険。

平成24年（2012年）12月7日の三陸沖の地震（M7.3）時の津波波形

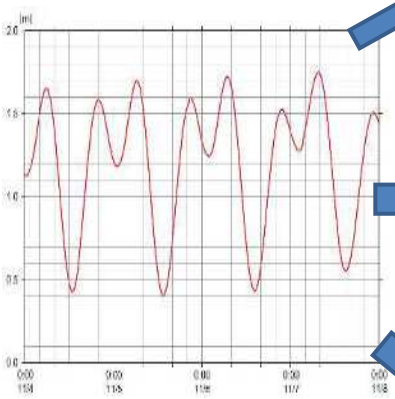


宮城金華山沖のGPS波浪計では、津波の第1波の観測後は微弱な高さで経過しているが、沿岸の石巻鮎川では数十cmの変動が継続している

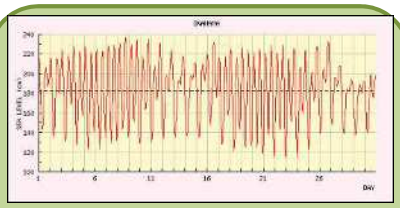
観測データの見方（1）

同じ観測点の資料を用いても、処理の方法が異なる等により、発表機関によって津波の高さの観測値が異なる可能性があり、それぞれの機関の発表する情報の特性を理解して活用することが重要。

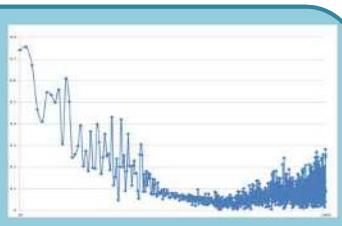
たとえば潮汐をデータから取り除く手法は様々な種類があり、各々、処理された値は少しずつ異なる場合がある。



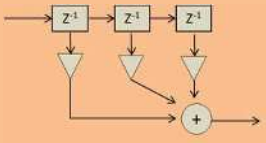
潮汐



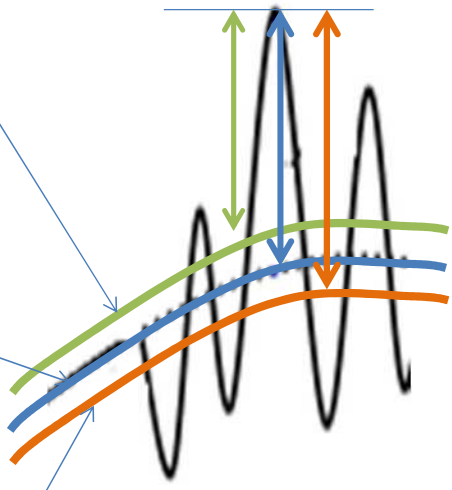
過去の潮汐データから予測した潮汐を用いる手法



データに含まれる周波数の解析を用いる手法



デジタルフィルタを用いる手法

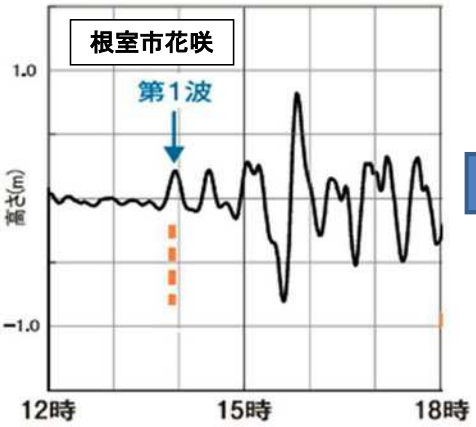


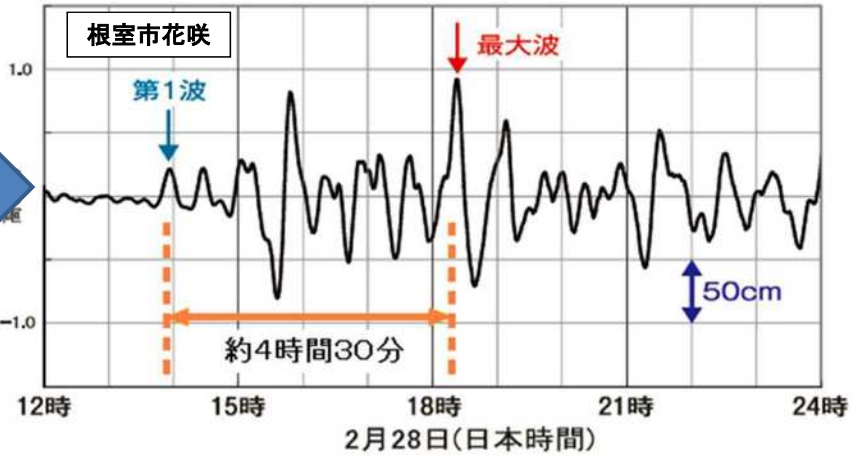
観測データの見方（2）

ある時点までの観測値の最大が、必ずしも繰り返し到来する津波の最大値とは限らないので、津波警報等が発表されている間は避難を継続することが重要。

気象庁では、沿岸の津波観測及び沖合の津波観測に関する情報を随時発表しており、情報ではその時点までに観測された津波の最大波を「これまでの最大波」として発表しているが、その後、後続波によって更に高い津波が観測される場合がある。

例） 平成22年（2010年）2月27日のチリ中部沿岸の地震（Mw8.8）による津波





18時までで見ると、15時台に最大波となっているように見える。

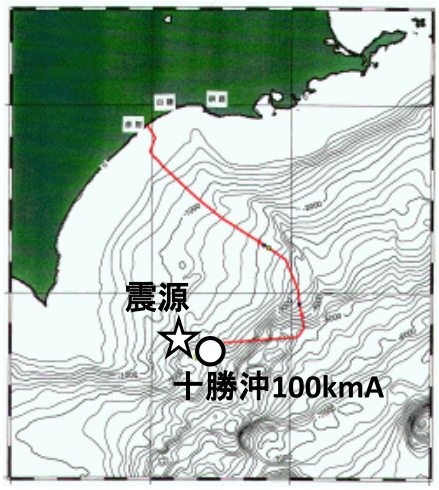
実際は、第1波到達後、約4時間30分後に最大波を観測

観測データの見方（3）

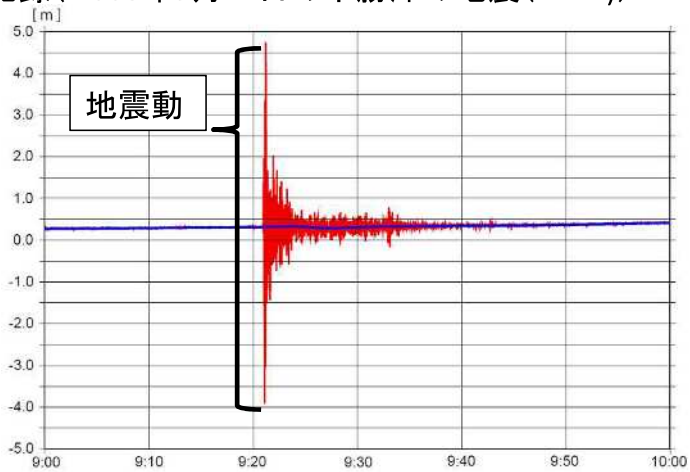
海底水圧計による観測の場合には、地震時に、地震動そのものや地殻変動の影響が観測データに混入し、津波を確認しづらくなる傾向がある。この傾向は、観測点が震源域に近いほど強くなる。

このような地震動等の影響をリアルタイムで取り除いて、震源域付近で地震直後に津波を正確に捉えることは技術的に困難なため、震源域付近の海底水圧計の観測データについては、これらの影響を考慮の上でデータの利用の判断をする必要がある。

例）震源域周辺での海底津波計の観測記録（ 2008年9月11日の十勝沖の地震（M7.1））



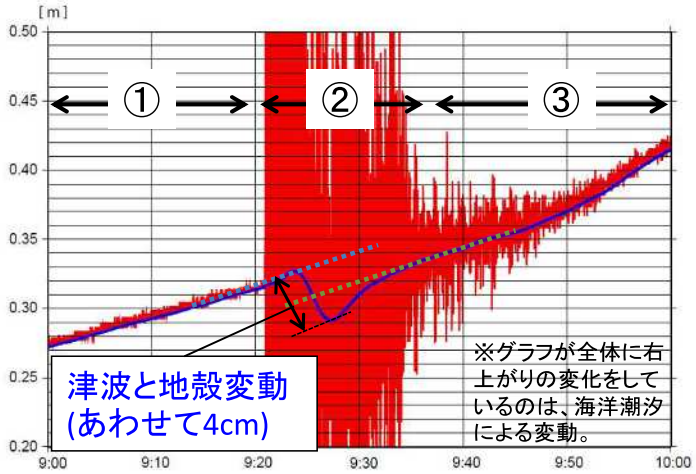
※（独）海洋研究開発機構 ウェブサイト
http://www.jamstec.go.jp/scdc/html_sysindex_j/routeku.html より一部改変



上図は2008年9月11日の十勝沖の地震（M7.1)時の（独）海洋研究開発機構 の海底津波計(十勝沖100kmA)の波形。縦軸は水圧の変化を海面の高さの変化に換算した値。

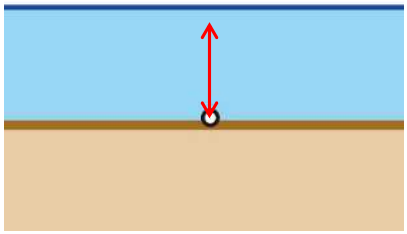
赤線が地震波や音波が混入した波形、青線が地震波や音波などの短い周期の成分を取り除いた波形。

・右図は前図の拡大図。津波、地震動、地殻変動などによる水圧変化が同時に観測されている。特に地震動等の変動が全振幅で8m相当の大きな水圧変化となっているのに対し、津波と地殻変動の成分は約1/200の4cmと非常に小さく、適切な処理をしないと判別することが難しい。
・地震のあとに波形が2cm程度ずれている（水色と緑の点線のずれ）ように見えるのは地殻変動の影響で海底が浅くなったためだが、リアルタイムで津波と地殻変動を分離するのは難しい。
・これらの地震動や地殻変動の影響を考慮の上でデータの利用の判断をする必要がある。



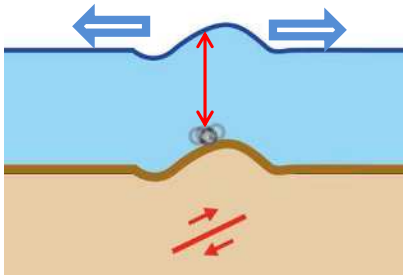
起きた現象と観測データの対応の模式図

①地震前



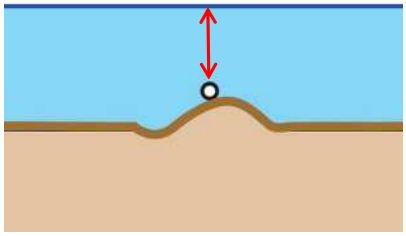
水深に応じた水圧が観測される。

②地震時



地殻変動に伴い海底津波計とその上の水は同時に持ちあげられる。そのため、変動直後は水圧変化は見られない。その後、時間とともに水は引いていく（津波が伝わっていく）ため、それに伴って水圧も全体としては小さくなる。

③地震後



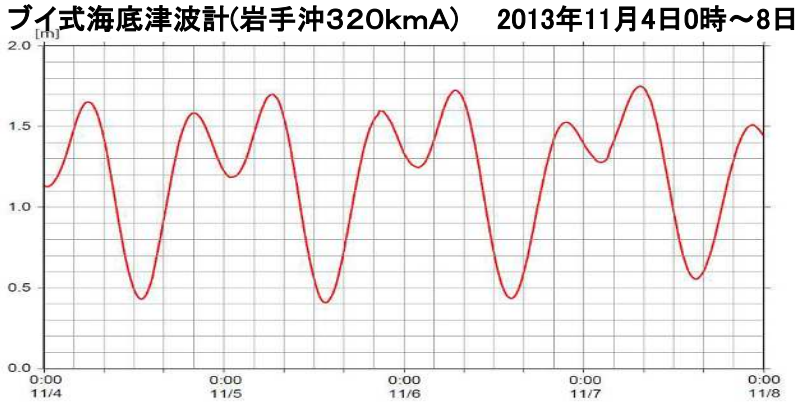
津波がおさまった後は、地殻変動によって水深が2cm程度浅くなった分だけ観測される水圧も小さくなる。

観測データの見方（4）

沖合の津波・潮位観測データには、平常時から潮汐（潮の満ち引き）、波浪その他の現象による海面の変動が含まれている。津波以外の変動を津波と誤認し、誤った対応を取ってしまうことがないよう、このような津波とは周期等の性質の異なる海の変動についてあらかじめ理解しておく必要がある。

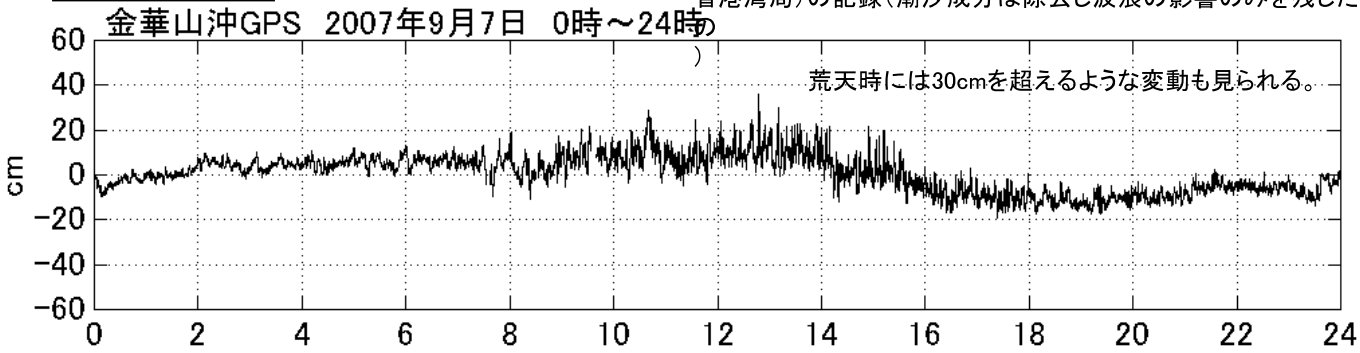
潮汐

ブイ式海底津波計(岩手沖320kmA)　2013年11月4日0時～8日0時



波浪の影響

平成19年9月7日、台風9号が通過した際のGPS波浪計（国土交通省港湾局）の記録（潮汐成分は除去し波浪の影響のみを残したもの）

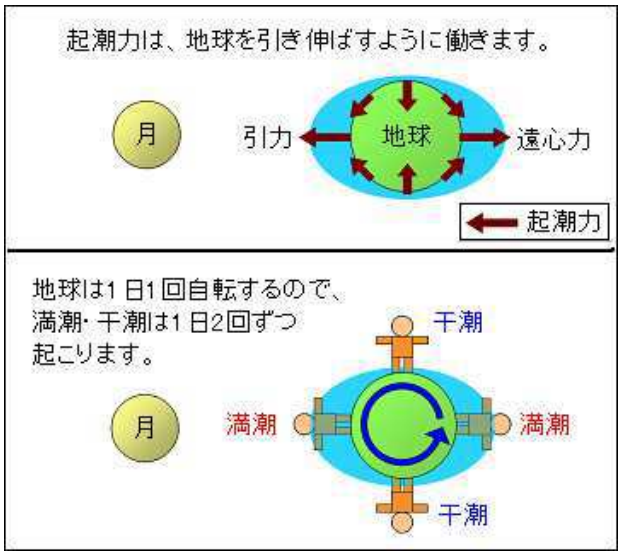


潮汐

海面の水位（潮位）は約半日の周期でゆっくりと上下に変化しています。この現象を「潮汐」といいます。

潮汐が起こる主な原因は、月が地球に及ぼす引力と、地球が月と地球の共通の重心の周りを回転することで生じる遠心力を合わせた「起潮力」です。地球と太陽との間でも、同じ理由でやや小さい起潮力が生じます。

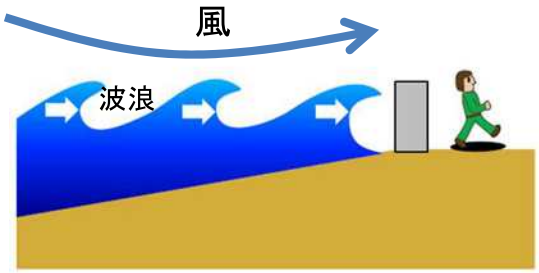
下図のように、起潮力は地球を引き伸ばすように働くと、潮位の高いところと低いところができます。潮位が上がりきった状態が「満潮」、反対に下がりきった状態が「干潮」です。



波浪

風が吹くと水面には波が立ち，まわりへ広がります。波は風が吹いたことによってその場所に発生する「風浪（ふうろう）」と，他の場所で発生した風浪が伝播したり，あるいは風が静まった後に残された「うねり」の2つに分類されます。そして，風浪とうねりを合わせて「波浪（はろう）」と呼びます。

一般にうねりとなって伝播する波は遠くへいくにしたがって波高は低くなり，周期が長くなりながら次第に減衰しますが，高いうねりは数千キロメートルも離れた場所で観測されることもあります。

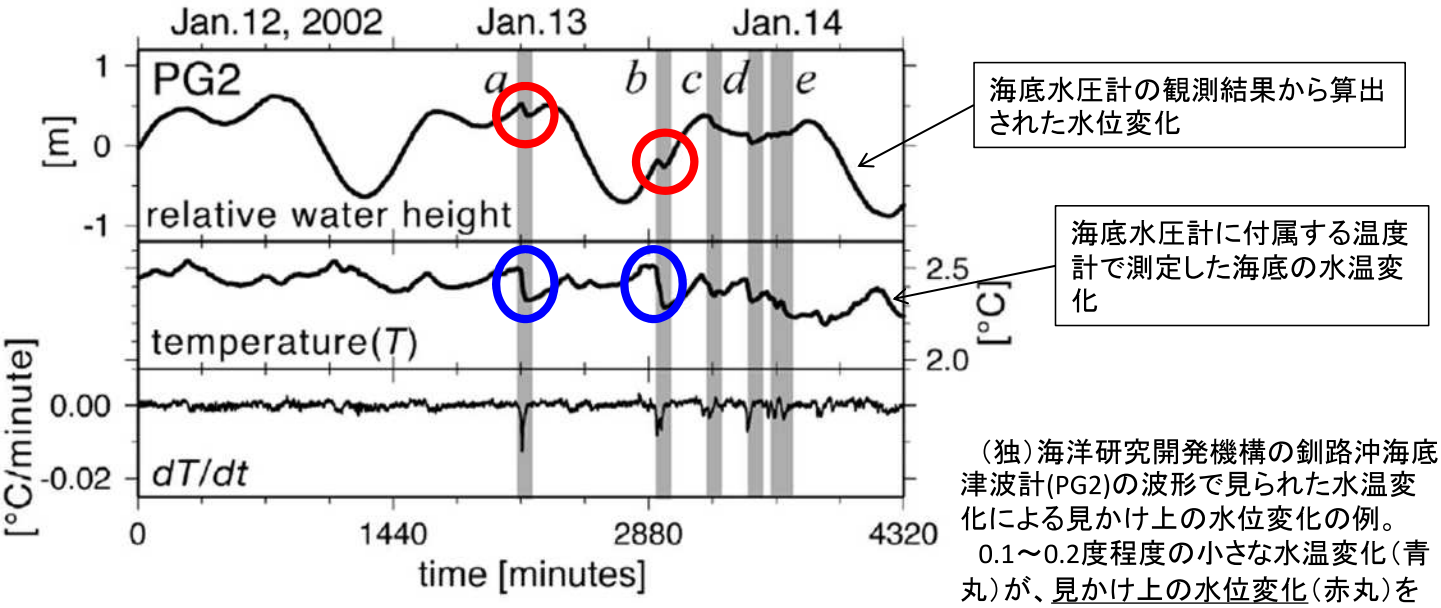


潮位変動の波形を見る場合は、変動の周期（潮汐なら約半日、波浪なら数秒から数十秒程度）などに注意して、津波による変動と他の変動を区別することが重要。

観測データの見方（5）

沖合の津波・潮位観測データには、観測方法、観測精度、読み取り方法に起因する誤差が含まれるほか、計測機器やシステムの不具合などにより、誤った観測データとなる可能性もあるので注意が必要。

海底水圧計でみられる水温変化によるノイズ



（独）海洋研究開発機構の釧路沖海底津波計(PG2)の波形で見られた水温変化による見かけ上の水位変化の例。

0.1～0.2度程度の小さな水温変化（青丸）が、見かけ上の水位変化（赤丸）を引き起こしていることが分かる。

※上の図の引用元
K. Hirata, and Baba, T. (2006), Transient thermal response in ocean bottom pressure measurement, Geophys. Res. Lett., 33, L10606, doi:10.1029/2006GL026084

GPS波浪計でみられる測位状態などの不安定要因によるノイズ

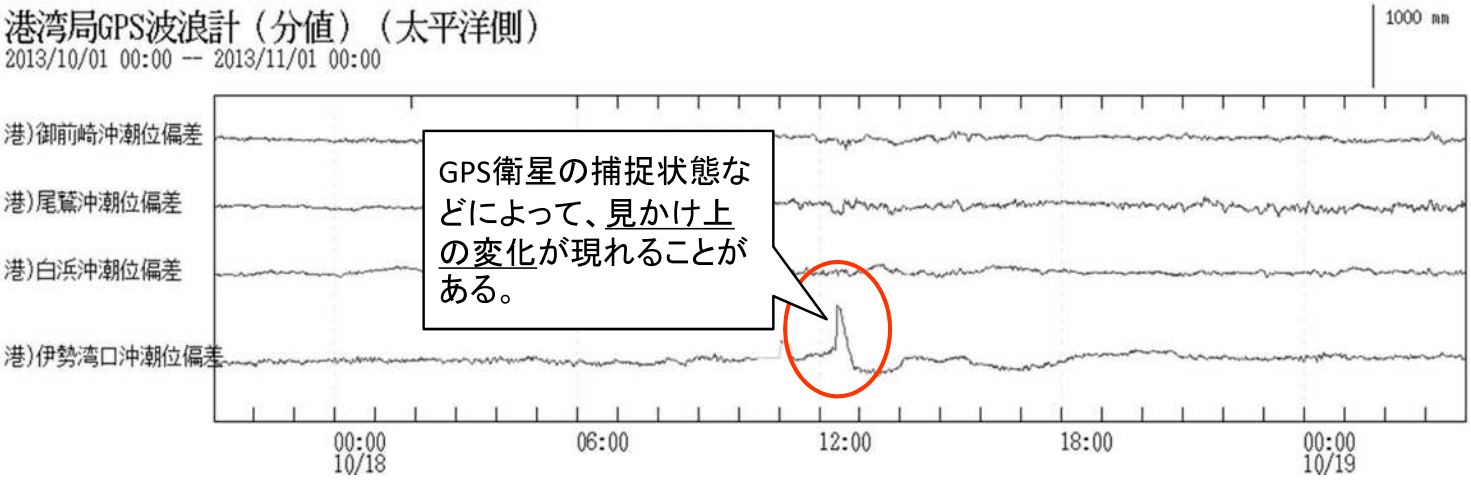
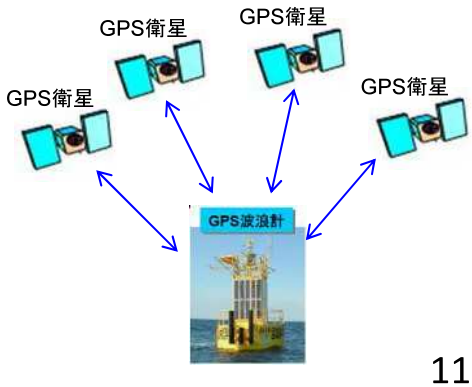


図　GPS波浪計（国土交通省港湾局）の記録の例

GPS波浪計は、GPS衛星からの電波による位置測定結果にもとづいて海面の変動を検出するしくみであるため、GPS衛星の捕捉状況（位置測定に使える衛星の数や配置）によって測位誤差が大きくなり、見かけ上の変化（数cm～数十cm程度）が現れることがある。