

琵琶湖深浅測量の手引き

A Manual of bottom sounding on Lake Biwa

宇多 高明*・吉田 隆昌**・西嶋 照毅**・小滝 訓一***

Uda, T., Yoshida, T., Nishijima, T. and Kotaki, T.

A manual of bottom sounding was made by selecting Lake Biwa for the case study area. Practical points necessary to enhance the accuracy of the survey were especially emphasized. The method to determine the appropriate cross-shore length of the survey line is discussed with respect to the critical depth for beach changes. The overall distribution of this critical depth in Lake Biwa is given.

Key words: manual, bottom sounding, accuracy, critical depth for beach changes.

1. はじめに

深浅測量データは、湖浜の浸食状況を調べるとともに、浸食の将来予測を行う際必ず必要とされる資料である。このため深浅測量の実施にあたっては、当該区域の地形・湖浜特性、過去の測量実施状況、隣接湖岸での測量実施状況などを考慮して、測量範囲、測線間隔、測量回数、実施方法等を決定しなければならない。しかしながら、近年での波、流れ、地形変化等の数値シミュレーションの隆盛と比較して測量データの取得時における精度の向上法や、有効なデータを経済的に収集する方法などについては十分な議論が行われていないのが現状である。近年、琵琶湖では現地海岸同様、湖岸浸食が著しく、湖浜の状況をきちんと調べておかなければならない状況にある。そこで本研究では琵琶湖を対象として深浅測量の手引き書を作成した。

2. 基本事項

本手引きの適用範囲、深浅測量実施の基本方針、深浅測量実施の手順について示す。

2.1 適用範囲

本手引きは、湖岸保全対策を策定する上で必要とされる深浅測量データの取得時において適用するものである。この手引きにおける深浅測量とは、湖域の水深測量（一般にこれが深浅測量と呼ばれる）と、汀線測量および陸域の地形測量（湖浜測量）より構成される。深浅測量の概略の実施範囲を図-1に示す。各区域における一般的測量方法は次のようである。

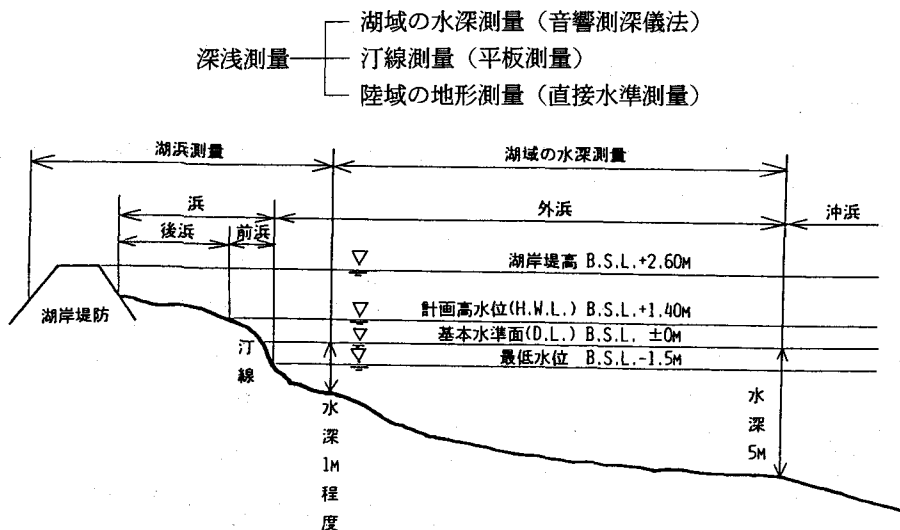


図-1 深浅測量の実施範囲

*正会員 建設省土木研究所河川研究室（茨城県つくば市大字旭1番地）

** 滋賀県土木部河港課

***正会員 ㈱建設技術研究所大阪支社

2.2 基本方針

深淺測量データは、湖浜の浸食状況を調べるとともに浸食の将来予測を行う際に必要とされる最も重要な資料である。このため深淺測量の実施にあたっては、当該区域の地形・湖浜特性、過去の測量実施状況、隣接湖岸での測量実施状況などを考慮して、測量範囲、測線間隔、測量回数、実施方法等を決定する。

深淺測量を実施する前に収集すべき既往資料には、次の3種類がある。

- ・旧版地形図…………… 国土地理院が所有。明治年代以降利用可能。
- ・空中写真…………… 国土地理院が所有。昭和20年代の米軍写真以降が利用可能。
- ・過去の深淺測量図…… 湖浜内に構造物が存在すれば過去に深淺測量を実施している可能性が高い。入手可能な全資料を収集する。

これらの資料より、沿岸漂砂の卓越方向や浸食原因の推定が可能である。また、当該地区において深淺測量を実施する前に、空中写真や地形図をもとに汀線の長期的な変動を調べておくことは、深淺測量データより浸食に関する定量的な判断を行う上で大いに役立つ。また、カラー空中写真によれば透明度が良好な浅海域における海底状況を判読することができるので、予めそのような検討を行っておくとよい。調査の対象とする湖岸の概略の湖浜変動状況の把握が終われば、それらをもとにして測量範囲、測線間隔、測量回数、実施方法などを決定する。

2.3 実施の手順

深淺測量の実施にあたっては、当該湖岸の現況を十分に把握した上で、所定の精度が発揮されるよう測量範囲、測量方法、測量回数、図化方法の決定を行う。深淺測量を実施する上で、まず第一に問題となるのが測量範囲の設定法である。測量の沿岸方向の範囲が十分でない場合には、浸食原因や対策範囲の検討が不十分となり、また沖方向の範囲が狭すぎると対策構造物の規模（沖方向長さや先端水深など）の設定に役立たなくなる。逆に沖方向に広く取り過ぎると、大部分のデータは有効利用されないままとなって、測量経費がムダとなる。また、過去の深淺測量データが存在するならば、まずその成果の分析を行った上で測線配置などに関し十分整合性のとれた測量を行う必要がある。これより過去からの湖浜変化を把握することが可能となる。また、隣接湖浜の測量成果との整合性を十分考慮に入れなければならない。初めて深淺測量を行うような場合には、湖岸保全対策上における、深淺測量成果の利用法について十分検討した上で測量範囲、測量方法、測量回数、図化方法等の決定を行う。

3. 深淺測量の実施方法

深淺測量の実施方法は、岸沖方向の測量範囲により、湖域の水深測量、汀線測量、陸域の地形測量に区分される。

3.1 湖域の水深測量

湖域の測量とは、湖沼または湖岸において、水底部の地形を明らかにするため、水位、測深位（船位）および水深を同時に測定し、横断面図または、深淺図を作成する作業をいう。

(1) 水位（水面高）の測定方法

水面高を測定する方法としては、量水標、水位観測所および仮量水標から水位を読み取る方法と、水準点または水際杭から直接水準測量（図-2）により決定する方法とがある。

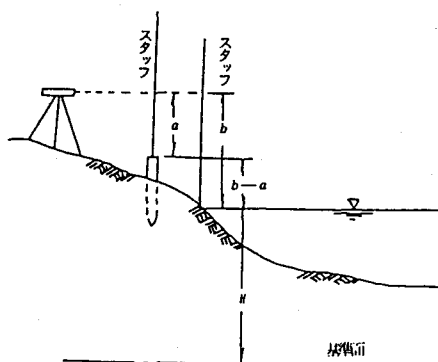


図-2 直接水準測量

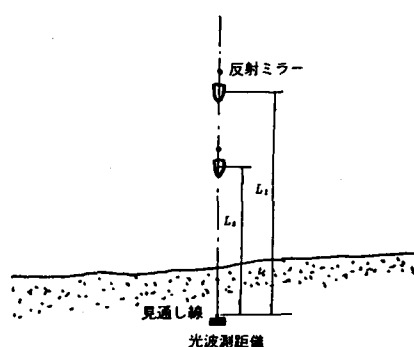


図-3 測深位置（船位）の
測定方法—光波測距儀の場合

(2) 測深位置（船位）の測定方法

測深位置の測定方法は、光波測距儀を用いる場合は、図-3に示すようである。測線上の基準点にトランシッ

トと光波測距儀を据え、見通し線上を走行する船の反射ミラーを観測し、測深位置（船位）を決定する。1方向1距離法である。

(3) 水深測量（適用水深1.0m以上）

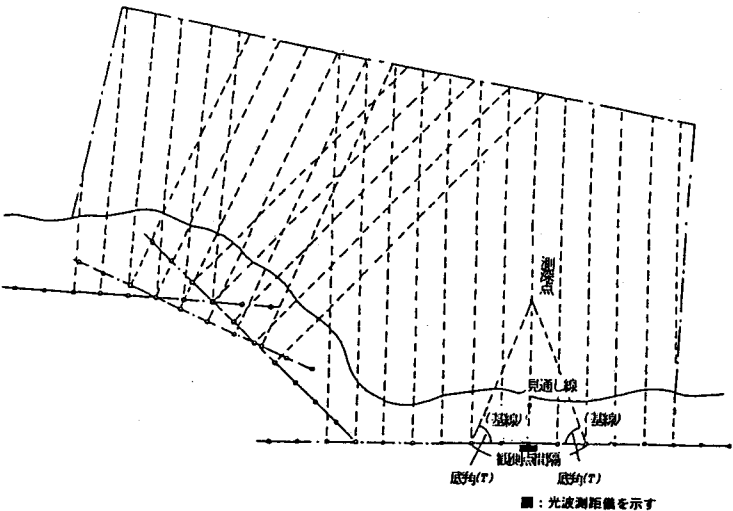
水深の測定には、音響測深儀を用いて行うものとする。音響測深儀では、停船中または走行中のペンの速度が正常であるかを確認する。測深にあたっては送受波機の吃水と発振基線の位置を修正して定め、次に水中音速を水質に合わせて正常にするため、40cm角の反射板を付けたバーを原則として水深5mの位置まで沈め、音速のチェックをして調整を行う。さらに送受波機と調整を行った反射板との間で、1m毎に「下げ」と「上げ」の位置でチェックする。また、これらのバーチェックは、測深開始前と終了後の2回行うものとする。水深の測定は、強風・波浪注意報が発令された場合は行わないものとする。目盛記録紙の読み取り単位は1mmとする。

(4) 基線の設定方法

基線は、湖岸線にできるだけ平行に、測深方向に対して直角とし、線上には測線間隔ごとに杭を打つか、あるいはマークを付け、必要に応じて基準点からその座標値を求める。また、基線は湖岸線から100m以内で船位が確認できる場所でなければならない。

(5) 船位の設定方法

船位の設定は、トランシットの場合、基線と船位とのなす角（底角）により交会して100mごとに決定する（図一4参照）。また、光波測距儀の場合には、見通し線あるいはそのすぐ横に光波測距儀を設置して測定する。一般に、船の移動速度は6km/h～8km/hであって、距離100mの移動には、8km/hで約45秒を要することになるが、船位の観測に要する時間はこれ以内でなければならない。



図一4 船位の測定方法

(6) 測点間隔

0.5m間隔の等深線図が描ける程度とする。

(7) 精 度

観測精度は、以下に定めるとおりとする。

種 類	精 度	摘 要
湖 岸	$\pm (10 + \frac{h}{100}) cm$	h : cm単位（深さ）

3.2 汀線測量の方法

基本水準面である $B.S.L. \pm 0m (=T.P. +84.371m)$ と湖浜断面との交線を汀線といい、その位置を測定して汀線図を作成するのが汀線測量である。

汀線測量には、①平板測量により汀線の位置を測定する方法、②基準とする杭から巻尺を用いて汀線位置と距離を測定する方法、③レベルと巻尺を用いて汀線位置を求める方法、などがあるが、海域と異なり琵琶湖の場合、潮汐変動のような大きな日水位変動がなく、基本水準面に対して水位が高いか、または水位が低い期間が長期間継続することが多く（特に水位が低い期間）、測量予定日に随時に $B.S.L. \pm 0m$ の水位が生じることを期待できないため、①、②の方法は現実的に不可能で、③のレベルと巻尺を用いて $B.S.L. \pm 0m$ の高さと位置の測量を行う必要がある。これは、各測点より基準線とほぼ直角方向に、高さが、 $B.S.L. \pm 0m$ になるまで標尺を移動し、測点からの距離を測定して汀線位置を求める方法である。

3.3 陸域の地形測量（湖浜測量）

一般に、浸食により汀線が後退すると、浜崖の形成が進んで陸地が削り取られる。浸食が進むときには、単に湖面下の土砂が運び去られるのではない。この意味より、湖浜測量は汀線測量とともに非常に重要である。湖浜測量では一般に前浜と後浜を含む範囲の地形図、横断面図を作成する。

湖浜測量では、湖岸線に沿って陸域に基準線を設け、この基準線上に所定の間隔（通常50mを標準）で測点を設置し、基準点から測定してそれらの座標値を求め、平板を用いて細部測量に準じて地形図を作成する（基準点に基づいて作成された既成の平面図または地形図がある場合は、それを用いてよい）。

次に、レベルおよび鋼巻尺等を使用して、測点毎に基準線に対して直角方向に5m間隔または地形の変化点ごとに汀線より外浜へ、原則として水深1mまでの地盤の高さおよび距離を測定して横断面図を作成する。既成の平面図を用いる場合は、その成果にもとづき等高線を描画し、地形図を用いる場合は等高線をチェックして差異がある場合は修正して地形図とする。

なお、観測精度は、以下に定められるとおりとする

地 形	距離の精度	標高の精度
平 地	1/500	$2cm + 5cm \cdot \frac{S}{100}$

注) S は観測距離あるいは距離、 m 単位

3.4 測量条件

測線間隔は、通常50m 以下としている例が多い。構造物周辺や浸食傾向が認められる所で測線間隔を20m～25mと短くして詳細な地形変化状況を把握している例もある（萩の浜、水資源開発公団の航路測量等）。なお、測線位置は、過去の深浅図との比較の必要性からも統一しなければならない。測線間隔は、本来、絶対的意味より定められるものではなく、浸食や堆積の起きている区域の全体的な変化がわかり、かつそれぞれが十分な精度をもつように設定する。また、突堤など構造物周辺での地形変化を調べる場合には間隔を狭める必要がある。

4. 測量範囲と測量回数

4.1 岸沖方向の測量範囲

深浅測量範囲の沖端は、原則として琵琶湖内の風波による地形変化の限界水深より深い水深5m程度までとする。過去の測量成果が存在する場合は、それらとの比較を行い地形変化の限界水深を推定し、必要に応じて測量範囲を拡大、縮小することができる。特に、沖合に湖底谷が存在する場合には、流出土砂量を把握する上からかなり深い所（水深 10m程度）まで測深しなければならない。

北湖における過去の調査において明らかになった地形変化の限界水深は表－1に示される。表に取り上げた地点は図－5に示すようである。北湖においてはこれらの値を参考に地形変化の限界水深よりやや深い位置までで岸沖測線の沖端を設定してよい。また、南湖など波浪の低い所では、沖端水深は2m程度でよい。

岸側の測量範囲は、通常、琵琶湖の計画高水位である $H.W.L. = B.S.L. + 1.40m$ を考慮して標高 $B.S.L. + 2.0m$ 以下や湖岸堤防（堤防高 $= B.S.L. + 2.60m$ ）までとする例が多い。浸食状況によっては浜崖等により基準杭が流出する事例も多く、このような場合、浸食土砂量等を把握することができなくなるため、不動点を有する背後地まで測量する必要がある。

表-1 地形変化の限界水深の一覧

調査箇所名	地形変化の 限界水深(m)	湖西・湖東
① 喜撰川	1.0	湖西
② 舞浜家園舟溜	2.0	湖西
③ 舞浜家園舟溜	1.0	湖西
④ 舞浜家園舟溜	1.5	湖西
⑤ 舞浜家園舟溜	1.0	湖西
⑥ 舞浜家園舟溜	1.5	湖西
⑦ 舞浜家園舟溜	1.5	湖西
⑧ 舞浜家園舟溜	1.5	湖西
⑨ 舞浜家園舟溜	1.5	湖西
⑩ 舞浜家園舟溜	2.0	湖西
⑪ 八木浜	1.5	湖東
⑫ 八木浜	1.5	湖東
⑬ 八木浜	0.8	湖東
⑭ 八木浜	1.5	湖東
⑮ 八木浜	1.5	湖東
⑯ 八木浜	1.5	湖東
⑰ 八木浜	1.0	湖東
⑱ 八木浜	2.5	湖東
⑲ 八木浜	1.5	湖東
⑳ 八木浜	1.2	湖東
㉑ 八木浜	1.5	湖東

※) 地形変化の限界水深は、B.S.L.±0mを基本面とした水深を示す

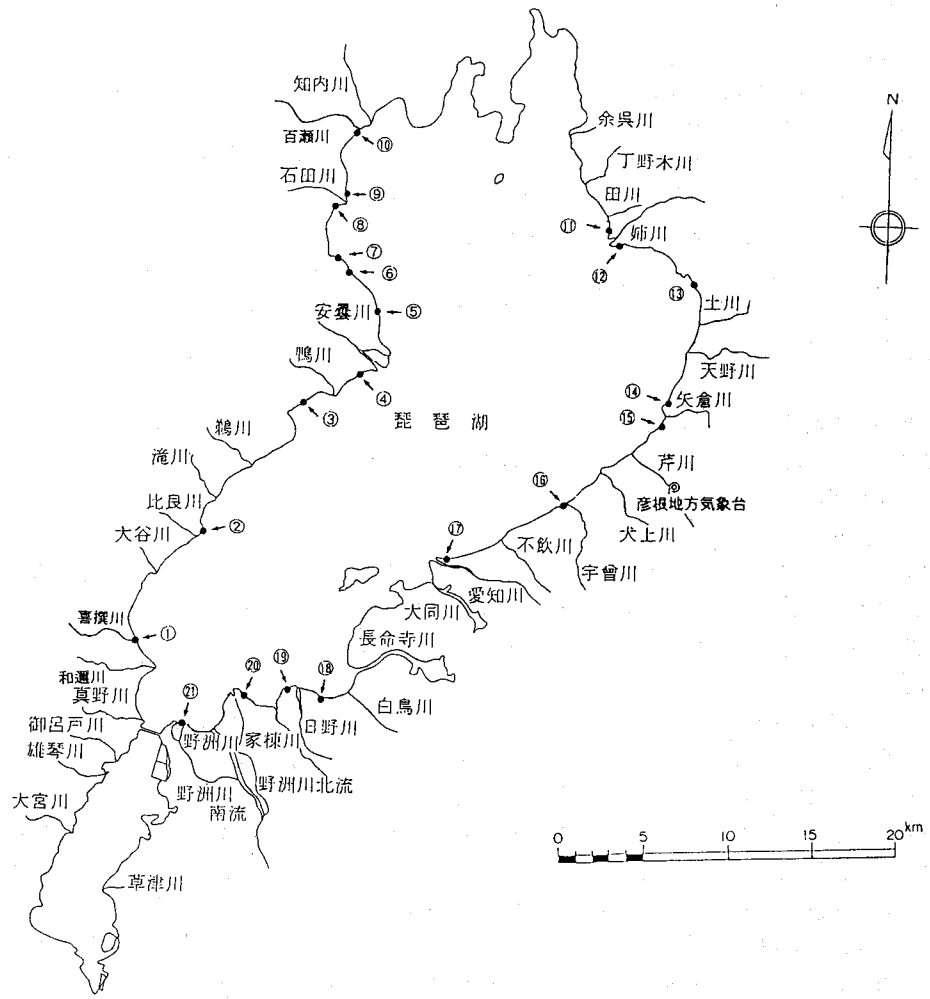


図-5 地形変化の限界水深の調査位置図

4.2 沿岸方向の測量範囲

沿岸方向の測量範囲は、地形図、航空写真、湖沼図等の既往資料から漂砂の供給区域と流出区域を判断した上で、岬や大規模な構造物により漂砂の系が閉じている範囲とする。測量範囲の一例を図-6に示す。

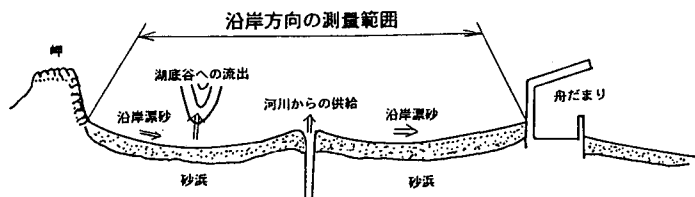


図-6 測量範囲の一例

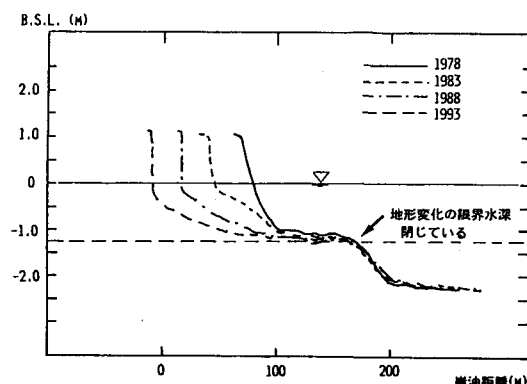


図-7 深浅図の精度の判断例

4.3 測量回数

深浅測量の実施回数は、通常は年1回としている例が多い（滋賀県実施の湖岸の経年変化測量、水資源開発公団の航路測量）。また、萩の浜や南浜など季節変化や台風前後の湖浜地形変化を調べたり、養浜工や構造物の建設に伴う地形変化の追跡調査のために年2回以上実施している例もある。深浅測量の実施時期は、毎年ほぼ同じ時期とする必要がある。これは、季節的に周期性をもった地形変化が存在する湖岸においては、同一時期の経年変化を比較することによって地形変動状況が明らかになるためで、例えば夏季と冬季の地形変化の比較では、季節変化しか判断できないことによる。湖浜地形は場所的に変わると同時に、時間的にも進んでいくものである。したがって、本来的には場所的に十分細かい間隔で測量するのであれば、時間的にも細かい間隔で測量を行うことが必要とされる。

5. 深浅測量の精度とチェック法

深浅図は、等深線の描き方によっては大きな誤差が含まれる可能性が大きく、それを利用した浸食予測では想定した精度を望むことができなくなる。

深浅図の精度（ここでは、人為的な誤差のみを対象としている）のチェックの方法としては、過去の深浅図との比較をすることである。同一測線における横断図を作成し、深部で過去の横断線とが一致するかどうかを確認することである（図-7参照）。過去の横断図線との差が出るような場合は、その原因としてその周辺に湖岸構造物（離岸堤、突堤等）の新設が行われたかどうか、湖底谷への土砂流出がないのかどうかを確認した上で、そのような状態がなければ、測量精度が低いということが判断できる。この場合には、過去の測量成果も含めて再チェック（基準面の確認、等深線の描き方等）を行う必要がある。過去の測量成果として深浅図しか存在しない場合には修正は困難であるが、測線図（測深位置図、水深図とも呼ばれている）が存在すれば再度見直しが可能であるため、深浅図と同様に測深図の保管が必要である。

深浅測量の精度は、風波の作用時には観測船が動ようするため低下する。また、湖底に谷などがあるために沿岸方向に等深線形状が大きく変化するような場所では、音響測深儀自体の精度よりも船の位置が前後左右にずれることによる精度低下が著しい。このような意味より深浅測量ではできる限り静穏な条件下で行わなければならない。また、沖合が急峻な地形であって、岸沖方向の測線に沿う測量のみでは精度に不安がある場合には沖合で沿岸方向の測線を交差させ、測深データの相互比較を行うとよい。

琵琶湖は、図-5に示す形をしているから、西岸では南～東風が吹くとき、また東岸では北～北西の風が吹くときに波浪が発達する。彦根地方気象台における季節風の風配図を調べると、湖東側では測量に適した時期は6～8月にある。湖西側では、ほぼ一年を通していずれの時期にも測量は可能であるが、陸風とは言え北西風の吹くときには沿岸より離れた位置では風による船の同様が起り、測量精度が低下する恐れがあるので十分な注意が必要である。