

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）
<p>第22章 測量・計測</p> <p>目次</p> <p>第1節 総説 1</p> <p>第2節 河川等に関する測量 1</p> <p> 2.1 基本事項 1</p> <p> 2.2 河川、砂防に関する測量 1</p> <p> 2.3 ダムに関する測量 2</p> <p> 2.4 海岸に関する測量 2</p> <p>第3節 新しい計測技術 3</p> <p> 3.1 基本事項 3</p> <p> 3.2 航空レーザ測量 3</p> <p> 3.3 地上計測技術 4</p> <p> 3.4 空中計測技術 4</p> <p> 3.5 水中計測技術 5</p> <p> 3.6 GNSS 測量/計測 8</p> <p> 3.7 映像解析・可視化技術 11</p> <p style="text-align: right;">平成26年4月 版</p>	<p>第22章 測量・計測</p> <p>目次</p> <p>第1節 総説 1</p> <p>第2節 河川等に関する測量 1</p> <p> 2.1 基本事項 1</p> <p> 2.2 河川、砂防に関する測量 1</p> <p> 2.3 ダムに関する測量 2</p> <p> 2.4 海岸に関する測量 2</p> <p>第3節 新しい計測技術 3</p> <p> 3.1 基本事項 3</p> <p> 3.2 航空レーザ測量 3</p> <p> 3.3 地上計測技術 4</p> <p> 3.4 空中計測技術 4</p> <p> 3.5 水中計測技術 5</p> <p> 3.6 GNSS 測量/計測 8</p> <p> 3.7 映像解析・可視化技術 12</p> <p style="text-align: right;">平成24年6月 版</p>

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）																																										
第22章 測量・計測	第22章 測量・計測																																										
第1節 総説 <考え方>	第1節 総説 <考え方>																																										
<p>本章は、河川等に関する測量等の一般的な手法を定めるものであって、河川等に関する事業に用いる場合の基準とするものである。</p> <p>標準化された測量作業の技術的な事項等については、国土交通省公共測量作業規程に詳述されており、基準点測量、水準測量、地形測量・空中写真測量、GNSSを用いた測量、航空レーザ測量、河川測量、深淺測量、海浜及び汀線測量等について規程されている。</p> <p>加えて、本章では、水文・水理観測(第2章)、河道特性調査(第4章)、災害調査(第10章)、地すべり調査(第18章)、海岸調査(第21章)等における調査を支援するため、河川等において、調査目的に応じて個別に工夫した事例や新技術など標準化されていない計測手法についても、推奨・例示事項を中心として記載している。</p>	<p>本章は、河川等に関する測量等の一般的な手法を定めるものであって、河川等に関する事業に用いる場合の基準とするものである。</p> <p>標準化された測量作業の技術的な事項等については、国土交通省公共測量作業規程に詳述されており、基準点測量、水準測量、地形測量・空中写真測量、GNSSを用いた測量、航空レーザ測量、河川測量、深淺測量、海浜及び汀線測量等について規程されている。</p> <p>加えて、本章では、水文・水理観測(第2章)、河道特性調査(第4章)、災害調査(第10章)、地すべり調査(第18章)、海岸調査(第21章)等における調査を支援するため、河川等において、調査目的に応じて個別に工夫した事例や新技術など標準化されていない計測手法についても、推奨・例示事項を中心として記載している。</p>																																										
<関連通知等>	<関連通知等>																																										
<p>1) 国土交通省公共測量作業規程，平成20年3月31日，国国地第668号，国土交通省，一部改正：平成23年3月31日。</p> <p>2) 作業規程の準則，平成20年3月31日，国土交通省告示第413号，国土交通省，一部改正：平成23年3月31日。</p>	<p>1) 国土交通省公共測量作業規程，平成20年3月31日，国国地第668号，国土交通省，一部改正：平成23年3月31日。</p> <p>2) 作業規程の準則，平成20年3月31日，国土交通省告示第413号，国土交通省，一部改正：平成23年3月31日。</p>																																										
第2節 河川等に関する測量	第2節 河川等に関する測量																																										
2.1 基本事項 <必須>	2.1 基本事項 <必須>																																										
河川、ダム、砂防、海岸に関する測量では、それぞれの目的に応じて測量を行うものとする。測量作業の詳細な技術的な基準については、国土交通省公共測量作業規程によることとする。	河川、ダム、砂防、海岸に関する測量では、それぞれの目的に応じて測量を行うものとする。測量作業の詳細な技術的な基準については、国土交通省公共測量作業規程によることとする。																																										
2.2 河川、砂防に関する測量 <必須>	2.2 河川、砂防に関する測量 <必須>																																										
河川及び砂防工事に関する測量については、表22-2-1に示す目的に応じて、必要な測量を実施しなければならない。	河川及び砂防工事に関する測量については、表22-2-1に示す目的に応じて、必要な測量を実施しなければならない。																																										
表22-2-1 河川・砂防に関する測量	表22-2-1 河川・砂防に関する測量																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>測量作業名</th> <th>測量の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計画策定</td> <td>計画用基本図作成</td> <td>空中写真測量（1/2500地形図）</td> </tr> <tr> <td>距離標設置</td> <td>距離標設置測量</td> <td>基準点測量</td> </tr> <tr> <td>水準基標設置</td> <td>水準基標測量</td> <td>水準測量</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定</td> <td>定期縦断測量</td> <td>縦断測量</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">定期横断測量</td> <td>横断測量</td> </tr> <tr> <td>深淺測量</td> </tr> <tr> <td>実施設計書作成</td> <td>工事用測量</td> <td>基準点測量</td> </tr> </tbody> </table>	目的	測量作業名	測量の種類	計画策定	計画用基本図作成	空中写真測量（1/2500地形図）	距離標設置	距離標設置測量	基準点測量	水準基標設置	水準基標測量	水準測量	河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定	定期縦断測量	縦断測量	定期横断測量	横断測量	深淺測量	実施設計書作成	工事用測量	基準点測量	<table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>測量作業名</th> <th>測量の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計画策定</td> <td>計画用基本図作成</td> <td>空中写真測量（1/2500地形図）</td> </tr> <tr> <td>距離標設置</td> <td>距離標設置測量</td> <td>基準点測量</td> </tr> <tr> <td>水準基標設置</td> <td>水準基標測量</td> <td>水準測量</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定</td> <td>定期縦断測量</td> <td>縦断測量</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">定期横断測量</td> <td>横断測量</td> </tr> <tr> <td>深淺測量</td> </tr> <tr> <td>実施設計書作成</td> <td>工事用測量</td> <td>基準点測量</td> </tr> </tbody> </table>	目的	測量作業名	測量の種類	計画策定	計画用基本図作成	空中写真測量（1/2500地形図）	距離標設置	距離標設置測量	基準点測量	水準基標設置	水準基標測量	水準測量	河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定	定期縦断測量	縦断測量	定期横断測量	横断測量	深淺測量	実施設計書作成	工事用測量	基準点測量
目的	測量作業名	測量の種類																																									
計画策定	計画用基本図作成	空中写真測量（1/2500地形図）																																									
距離標設置	距離標設置測量	基準点測量																																									
水準基標設置	水準基標測量	水準測量																																									
河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定	定期縦断測量	縦断測量																																									
	定期横断測量	横断測量																																									
		深淺測量																																									
実施設計書作成	工事用測量	基準点測量																																									
目的	測量作業名	測量の種類																																									
計画策定	計画用基本図作成	空中写真測量（1/2500地形図）																																									
距離標設置	距離標設置測量	基準点測量																																									
水準基標設置	水準基標測量	水準測量																																									
河道計画、河川整備計画、河川管理基図等の策定	定期縦断測量	縦断測量																																									
	定期横断測量	横断測量																																									
		深淺測量																																									
実施設計書作成	工事用測量	基準点測量																																									

改定版（平成26年4月）			現行版（平成24年6月）																																															
法線等の決定 土工積算		法線測量 地形測量（1/500～1/1000 地形図） 縦断測量、横断測量	法線等の決定 土工積算		法線測量 地形測量（1/500～1/1000 地形図） 縦断測量、横断測量																																													
用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算	用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算																																													
<p><関連通知等></p> <p>1) 河川定期縦横断測量業務実施要領について、平成9年6月12日、建河治発第29号、建設省河川局治水課長。</p> <p><参考となる資料></p> <p>定期縦横断測量の実務については、下記の資料が参考となる。</p> <p>1) 河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説、平成9年、建設省河川局、(財)日本建設情報総合センター編。</p>			<p><関連通知等></p> <p>1) 河川定期縦横断測量業務実施要領について、平成9年6月12日、建河治発第29号、建設省河川局治水課長。</p> <p><参考となる資料></p> <p>定期縦横断測量の実務については、下記の資料が参考となる。</p> <p>1) 河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説、平成9年、建設省河川局、(財)日本建設情報総合センター編。</p>																																															
<p>2.3 ダムに関する測量</p> <p><必須></p> <p>ダムに関する測量については、以下の目的に応じ、必要な測量を実施しなければならない。</p> <p style="text-align: center;">表 22-2-2 ダムに関する測量</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>測量作業名</th> <th>測量の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工施用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査</td> <td>計画用基本図作成</td> <td>空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）</td> </tr> <tr> <td>ダム本体概略設計 仮設備概略計画</td> <td>ダムサイト地形図 作成</td> <td>空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）</td> </tr> <tr> <td>ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握</td> <td>基準点測量および 水準測量</td> <td>基準点測量、水準測量</td> </tr> <tr> <td>貯水池容量算定 道路路線選定</td> <td>貯水池地形図作成</td> <td>空中写真測量、航空レーザ測量、縦断 測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）</td> </tr> <tr> <td>本体設計</td> <td>ダムサイト地形図 および断面図作成</td> <td>地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量</td> </tr> <tr> <td>用地幅杭の決定 用地買収</td> <td>用地測量</td> <td>境界測量 面積計算</td> </tr> <tr style="border: 2px solid red;"> <td>堆砂状況把握</td> <td>堆砂状況調査</td> <td>横断測量、航空レーザ測量 深淺測量</td> </tr> </tbody> </table>			目的	測量作業名	測量の種類	貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工施用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査	計画用基本図作成	空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）	ダム本体概略設計 仮設備概略計画	ダムサイト地形図 作成	空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）	ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握	基準点測量および 水準測量	基準点測量、水準測量	貯水池容量算定 道路路線選定	貯水池地形図作成	空中写真測量、航空レーザ測量、縦断 測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）	本体設計	ダムサイト地形図 および断面図作成	地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量	用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算	堆砂状況把握	堆砂状況調査	横断測量、航空レーザ測量 深淺測量	<p>2.3 ダムに関する測量</p> <p><必須></p> <p>ダムに関する測量については、以下の目的に応じ、必要な測量を実施しなければならない。</p> <p style="text-align: center;">表 22-2-2 ダムに関する測量</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>測量作業名</th> <th>測量の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工施用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査</td> <td>計画用基本図作成</td> <td>空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）</td> </tr> <tr> <td>ダム本体概略設計 仮設備概略計画</td> <td>ダムサイト地形図 作成</td> <td>空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）</td> </tr> <tr> <td>ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握</td> <td>基準点測量および 水準測量</td> <td>基準点測量、水準測量</td> </tr> <tr> <td>貯水池容量算定 道路路線選定</td> <td>貯水池地形図作成</td> <td>空中写真測量、航空レーザ測量、縦断 測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）</td> </tr> <tr> <td>本体設計</td> <td>ダムサイト地形図 および断面図作成</td> <td>地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量</td> </tr> <tr> <td>用地幅杭の決定 用地買収</td> <td>用地測量</td> <td>境界測量 面積計算</td> </tr> </tbody> </table>			目的	測量作業名	測量の種類	貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工施用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査	計画用基本図作成	空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）	ダム本体概略設計 仮設備概略計画	ダムサイト地形図 作成	空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）	ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握	基準点測量および 水準測量	基準点測量、水準測量	貯水池容量算定 道路路線選定	貯水池地形図作成	空中写真測量、航空レーザ測量、縦断 測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）	本体設計	ダムサイト地形図 および断面図作成	地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量	用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算
目的	測量作業名	測量の種類																																																
貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工施用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査	計画用基本図作成	空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）																																																
ダム本体概略設計 仮設備概略計画	ダムサイト地形図 作成	空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）																																																
ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握	基準点測量および 水準測量	基準点測量、水準測量																																																
貯水池容量算定 道路路線選定	貯水池地形図作成	空中写真測量、航空レーザ測量、縦断 測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）																																																
本体設計	ダムサイト地形図 および断面図作成	地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量																																																
用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算																																																
堆砂状況把握	堆砂状況調査	横断測量、航空レーザ測量 深淺測量																																																
目的	測量作業名	測量の種類																																																
貯水池容量算定、河流処理計画 道路計画（付替、工施用） 補償物件概略調査 貯水池周辺地質調査	計画用基本図作成	空中写真測量、航空レーザ測量 （1/2500～1/5000 地形図）																																																
ダム本体概略設計 仮設備概略計画	ダムサイト地形図 作成	空中写真測量、地形測量 航空レーザ測量 （1/500～1/1000 地形図）																																																
ダム測量基準点設置 既設構造物との関連把握	基準点測量および 水準測量	基準点測量、水準測量																																																
貯水池容量算定 道路路線選定	貯水池地形図作成	空中写真測量、航空レーザ測量、縦断 測量、横断測量 （1/1000～1/2500 地形図）																																																
本体設計	ダムサイト地形図 および断面図作成	地形測量、地上写真測量 （1/500 地形図） 縦断測量、横断測量																																																
用地幅杭の決定 用地買収	用地測量	境界測量 面積計算																																																
<p>2.4 海岸に関する測量</p> <p><必須></p> <p>海岸に関する測量については、以下の目的に応じ、必要な測量を実施しなければならない。</p>			<p>2.4 海岸に関する測量</p> <p><必須></p> <p>海岸に関する測量については、以下の目的に応じ、必要な測量を実施しなければならない。</p>																																															

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）																								
<p>表 22-2-3 海岸に関する測量</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>測量作業名</th> <th>測量の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計画策定</td> <td>海岸地形図作成 計画用基本図作成</td> <td>水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量</td> </tr> <tr> <td>海岸保全施設設計</td> <td>設計用基本図作成</td> <td>水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量</td> </tr> <tr> <td>モニタリング（海岸地形変化）</td> <td>海岸侵食実態調査 被災実態調査</td> <td>水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量</td> </tr> </tbody> </table>	目的	測量作業名	測量の種類	計画策定	海岸地形図作成 計画用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量	海岸保全施設設計	設計用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量	モニタリング（海岸地形変化）	海岸侵食実態調査 被災実態調査	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量	<p>表 22-2-3 海岸に関する測量</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>測量作業名</th> <th>測量の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計画策定</td> <td>海岸地形図作成 計画用基本図作成</td> <td>水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量</td> </tr> <tr> <td>海岸保全施設設計</td> <td>設計用基本図作成</td> <td>水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量</td> </tr> <tr> <td>モニタリング（海岸地形変化）</td> <td>海岸侵食実態調査 被災実態調査</td> <td>水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量</td> </tr> </tbody> </table>	目的	測量作業名	測量の種類	計画策定	海岸地形図作成 計画用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量	海岸保全施設設計	設計用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量	モニタリング（海岸地形変化）	海岸侵食実態調査 被災実態調査	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量
目的	測量作業名	測量の種類																							
計画策定	海岸地形図作成 計画用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量																							
海岸保全施設設計	設計用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量																							
モニタリング（海岸地形変化）	海岸侵食実態調査 被災実態調査	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量																							
目的	測量作業名	測量の種類																							
計画策定	海岸地形図作成 計画用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量																							
海岸保全施設設計	設計用基本図作成	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量																							
モニタリング（海岸地形変化）	海岸侵食実態調査 被災実態調査	水準測量（海浜及び汀線測量） 深淺測量																							
<p>第3節 新しい計測技術</p>	<p>第3節 新しい計測技術</p>																								
<p>3.1 基本事項</p> <p><考え方></p> <p>平常時における河道や施設の現状、並びに水災害時の被災状況や管理施設の変形などの迅速な把握と監視を行うため、測量・計測に関する今後の技術開発の動向や活用実績も踏まえながら、新しい計測技術の活用を促進し、効率化や精度の向上を図ることが重要である。</p>	<p>3.1 基本事項</p> <p><考え方></p> <p>平常時における河道や施設の現状、並びに水災害時の被災状況や管理施設の変形などの迅速な把握と監視を行うため、測量・計測に関する今後の技術開発の動向や活用実績も踏まえながら、新しい計測技術の活用を促進し、効率化や精度の向上を図ることが重要である。</p>																								
<p><標準></p> <p>計測技術や計測機器について「国土交通省公共測量作業規程」に規程されていない新しい手法を用いて公共測量を行う場合には、「国土交通省公共測量作業規程」第17条（機器等及び作業方法に関する特例）に基づき実施することを標準とする。すなわち、使用する資料、機器、測量方法等により精度が確保できることを作業機関等からの検証結果等に基づき確認するとともに、確認に当たっては、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めるものとする。</p>	<p><標準></p> <p>計測技術や計測機器について「国土交通省公共測量作業規程」に規程されていない新しい手法を用いて公共測量を行う場合には、「国土交通省公共測量作業規程」第17条（機器等及び作業方法に関する特例）に基づき実施することを標準とする。すなわち、使用する資料、機器、測量方法等により精度が確保できることを作業機関等からの検証結果等に基づき確認するとともに、確認に当たっては、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めるものとする。</p>																								
<p>3.2 航空レーザ測量</p> <p><考え方></p> <p>航空レーザ測量とは、航空機に搭載したレーザスキャナから地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、GNSS(GPS)測量機、IMU(慣性計測装置)から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を精密に調べる新しい測量方法である。</p> <p>航空レーザ測量は、1/1,000～1/5,000の地形図作成、河川堤防や高水敷の連続的な縦横断形状の把握、並びに氾濫解析を実施するための氾濫域の地盤高、砂防施設、ダム等の堤体の変形、岩盤崩壊、地すべり等の発生のおそれのある斜面地形の面的な監視などに活用するものであり、最新の技術開発の動向や活用実績を把握し、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、活用を図ることが重要である。</p>	<p>3.2 航空レーザ測量</p> <p><考え方></p> <p>航空レーザ測量とは、航空機に搭載したレーザスキャナから地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、GNSS(GPS)測量機、IMU(慣性計測装置)から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を精密に調べる新しい測量方法である。</p> <p>航空レーザ測量は、1/1,000～1/5,000の地形図作成、河川堤防や高水敷の連続的な縦横断形状の把握、並びに氾濫解析を実施するための氾濫域の地盤高、砂防施設、ダム等の堤体の変形、岩盤崩壊、地すべり等の発生のおそれのある斜面地形の面的な監視などに活用するものであり、最新の技術開発の動向や活用実績を把握し、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、活用を図ることが重要である。</p>																								
<p><必須></p> <p>河川等の調査、計画、施工、維持管理において活用することを目的に、航空レーザ測量を実施するに際しては、「国土交通省公共測量作業規程」第7章 航空レーザ測量に従うものとする。</p>	<p><必須></p> <p>河川等の調査、計画、施工、維持管理において活用することを目的に、航空レーザ測量を実施するに際しては、「国土交通省公共測量作業規程」第7章 航空レーザ測量に従うものとする。</p>																								

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）
<推 奨>	<推 奨>
<p>なお、今後の技術発展とともに、レーザ測定の精度は高くなり、解析手法も改良されることから最新の技術開発動向も踏まえ、活用目的に応じて最新の解析手法を取り入れることを推奨する。</p>	<p>なお、今後の技術発展とともに、レーザ測定の精度は高くなり、解析手法も改良されることから最新の技術開発動向も踏まえ、活用目的に応じて最新の解析手法を取り入れることを推奨する。</p>
<参考となる資料>	<参考となる資料>
<p>航空レーザ測定の実務については、下記の資料が参考となる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 航空レーザ測定による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案），平成19年，国土交通省河川局。 2) 藤澤和範，笠井美青：地すべり地における航空レーザ測定データ解析マニュアル，土木研究所資料，第4150号，2009。 3) 齋藤和也監修：図解 航空レーザ計測 基礎から応用まで，（財）日本測量調査技術協会，2008。 	<p>航空レーザ測定の実務については、下記の資料が参考となる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 航空レーザ測定による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案），平成19年，国土交通省河川局。 2) 藤澤和範，笠井美青：地すべり地における航空レーザ測定データ解析マニュアル，土木研究所資料，第4150号，2009。 3) 齋藤和也監修：図解 航空レーザ計測 基礎から応用まで，（財）日本測量調査技術協会，2008。
3.3 地上計測技術	3.3 地上計測技術
<考え方>	<考え方>
<p>地上計測技術は、堤防の連続的な縦横断形状の把握、並びに河川堤防、砂防施設、ダム等の堤体の変形、岩盤崩壊、地すべり等の発生のおそれのある斜面地形の面的な監視などに活用するものであり、最新の技術開発の動向や活用実績を把握し、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、活用を図ることが重要である。</p>	<p>地上計測技術は、堤防の連続的な縦横断形状の把握、並びに河川堤防、砂防施設、ダム等の堤体の変形、岩盤崩壊、地すべり等の発生のおそれのある斜面地形の面的な監視などに活用するものであり、最新の技術開発の動向や活用実績を把握し、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、活用を図ることが重要である。</p>
<例 示>	<例 示>
<p>地上計測技術には、たとえば移動型の地上計測システムや固定型の地上計測システムがあり、それぞれレーザスキャン装置や熱センサ等の各種センサを用いて、線的・面的な形状を計測する、時期を変えて計測することで、地盤や施設の変形量を求めることも可能となる。これらの技術については国土交通省公共測量作業規程に定めがないため、公共測量を実施する場合には、準則第17条を適用することとなる（本章3.1参照）。</p> <p>たとえば、移動型地上計測システムには、車両の3次元位置や傾きを観測するGNSS/IMU（GPS/IMU）装置とレーザスキャン装置及び画像データを取得するカメラを車両に搭載し、堤防天端を走行しながら連続的に計測し、堤防の縦横断形状を把握する技術などがある。また、固定型の地上計測システムには、3次元レーザスキャンを用いて、地盤や施設の3次元形状の把握や定点の繰り返し計測により地盤や施設の変形量を把握する技術もある。</p> <p>レーザスキャンの計測では、対象物までの距離、対象物表面の材質、計測解像度（点密度）等の条件で、最適なものを選定する必要がある。装置を設置する際には、対象物全体が見渡され、前に障害物がない場所を選定する必要がある。1度に計測できない場合は、場所を移動し計測点を重複させて計測することも必要である。</p> <p>また、堤防や地形の変状を検地するための光ファイバセンサを用いた計測システムなどもある。これは、光ファイバに入射したレーザ光パルスが、光ファイバを進行する際に発生する各種後方散乱光を利用するもので、光ファイバに歪みが生じた場合に発生する散乱光や反射波の到達時間や強度を計測することで、その位置や歪みの量を検知するものである。現地に光ファイバ</p>	<p>地上計測技術には、たとえば移動型の地上計測システムや固定型の地上計測システムがあり、それぞれレーザスキャン装置や熱センサ等の各種センサを用いて、線的・面的な形状を計測する、時期を変えて計測することで、地盤や施設の変形量を求めることも可能となる。これらの技術については国土交通省公共測量作業規程に定めがないため、公共測量を実施する場合には、準則第17条を適用することとなる（本章3.1参照）。</p> <p>たとえば、移動型地上計測システムには、車両の3次元位置や傾きを観測するGNSS/IMU（GPS/IMU）装置とレーザスキャン装置及び画像データを取得するカメラを車両に搭載し、堤防天端を走行しながら連続的に計測し、堤防の縦横断形状を把握する技術などがある。また、固定型の地上計測システムには、3次元レーザスキャンを用いて、地盤や施設の3次元形状の把握や定点の繰り返し計測により地盤や施設の変形量を把握する技術もある。</p> <p>レーザスキャンの計測では、対象物までの距離、対象物表面の材質、計測解像度（点密度）等の条件で、最適なものを選定する必要がある。装置を設置する際には、対象物全体が見渡され、前に障害物がない場所を選定する必要がある。1度に計測できない場合は、場所を移動し計測点を重複させて計測することも必要である。</p> <p>また、堤防や地形の変状を検地するための光ファイバセンサを用いた計測システムなどもある。これは、光ファイバに入射したレーザ光パルスが、光ファイバを進行する際に発生する各種後方散乱光を利用するもので、光ファイバに歪みが生じた場合に発生する散乱光や反射波の到達時間や強度を計測することで、その位置や歪みの量を検知するものである。現地に光ファイバ</p>

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）
<p>イバケーブルを敷設するだけなので、電気式の従来型計測システムの欠点である落雷によるセンサの故障や電気ノイズによる計測データの欠損がないことが利点として挙げられる。</p>	<p>イバケーブルを敷設するだけなので、電気式の従来型計測システムの欠点である落雷によるセンサの故障や電気ノイズによる計測データの欠損がないことが利点として挙げられる。</p>
<p>3.4 空中計測技術 <考え方></p>	<p>3.4 空中計測技術 <考え方></p>
<p>空中計測技術は、流域や施設における現況や被災の全体像（地すべり崩壊地や氾濫浸水域、地震による河道閉塞）の把握などに活用するものであり、最新の空中計測技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、新たな空中計測技術の活用を図ることが重要である。なお、空中計測技術として、実施例の多い航空レーザ測量については本節の3.2に別途記述した。</p>	<p>空中計測技術は、流域や施設における現況や被災の全体像（地すべり崩壊地や氾濫浸水域、地震による河道閉塞）の把握などに活用するものであり、最新の空中計測技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、計測作業の効率化や計測精度向上を目的に、新たな空中計測技術の活用を図ることが重要である。なお、空中計測技術として、実施例の多い航空レーザ測量については本節の3.2に別途記述した。</p>
<p><例 示></p>	<p><例 示></p>
<p>空中計測技術には、たとえば航空機や人工衛星による計測システムがあり、それぞれ光学カメラやレーザスキャン装置、熱センサ、合成開口レーダ（SAR）等の各種センサを用いて、面的な形状を計測し、時期を変えて計測することで、地形や施設の変形量を求めることも可能となる。</p> <p>航空機搭載型の熱センサは、GNSS（GPS）測量機、IMU（慣性計測装置）との連携により、観測エリアの地表面熱画像を取得し、ヒートアイランド調査・河川流入水調査、活火山活動調査等に活用できる。</p> <p>合成開口レーダ（SAR）装置は、マイクロ波を能動的に照射して、反射波の情報から対象物の形状などを計測するリモートセンシング技術である。マイクロ波が水蒸気を透過する性質を利用して全天候型の画像取得を可能とするものであり、風水害発生時に雨天・夜間でも緊急に被災状況を把握したい場合などに利用される。</p> <p>SAR画像は、通常の光学カメラによる画像と異なり、照射したマイクロ波の反射強度を表すため、地物の物性や形状によっては大きな反射強度が出る場合や、水面等では鏡面反射のため反射強度がほとんど得られない場合など、画像判読には注意が必要である。</p>	<p>空中計測技術には、たとえば航空機や人工衛星による計測システムがあり、それぞれ光学カメラやレーザスキャン装置、熱センサ、合成開口レーダ（SAR）等の各種センサを用いて、面的な形状を計測し、時期を変えて計測することで、地形や施設の変形量を求めることも可能となる。</p> <p>航空機搭載型の熱センサは、GNSS（GPS）測量機、IMU（慣性計測装置）との連携により、観測エリアの地表面熱画像を取得し、ヒートアイランド調査・河川流入水調査、活火山活動調査等に活用できる。</p> <p>合成開口レーダ（SAR）装置は、マイクロ波を能動的に照射して、反射波の情報から対象物の形状などを計測するリモートセンシング技術である。マイクロ波が水蒸気を透過する性質を利用して全天候型の画像取得を可能とするものであり、風水害発生時に雨天・夜間でも緊急に被災状況を把握したい場合などに利用される。</p> <p>SAR画像は、通常の光学カメラによる画像と異なり、照射したマイクロ波の反射強度を表すため、地物の物性や形状によっては大きな反射強度が出る場合や、水面等では鏡面反射のため反射強度がほとんど得られない場合など、画像判読には注意が必要である。</p>

改定版（平成26年4月）

表 22-3-1 空中からの計測技術の特徴

観測手段		特徴（◎：最適、○：適、△：やや不適、×：不適）							特徴を活かした利用例
		時間的優位性				空間的優位性			
		即時性	夜間	悪天候時	継続的観測	最大分解能	広域	局所	
人工衛星 ※1	SAR ※2	△	◎	◎	○	1m	◎	△	・地殻変動・浸水域等、長期的・広範囲な被災状況の把握
	光学	△	△	○	○	0.5m	◎	△	
航空機	SAR ※2	△	○	△	△	—	○	△	・火山活動の把握を人工衛星の回帰を待たずに行う
	光学	○	△	○	△	—	○	○	
ヘリコプター 光学センサ※3		◎	△	×	○	—	○	○	・施設被害等の機動的調査（全体把握や被災箇所の詳細調査等）
無人航空機 光学センサ※3		△	×	○	◎	—	×	◎	・局所的な被災箇所の継続観測

※1 国土交通省側で雨量計・水位計・震度計等の情報により被害が想定される地域を特定し、JAXA等に撮影依頼。
 ※2 Strip map-mode SARでの特徴、海外でSpotlight-mode SARが実用化されているが、日本では開発中。
 ※3 ヘリコプター及び無人航空機に搭載するSARについても、現在、国内でSpotlight-mode SARを開発中。
 注：本表の◎～×は、現状における手段の適否を表したもので、将来的には各手段の即時性や分解能等に改善が期待される。

出典：「大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方検討委員会」資料（国土交通省河川局）を基に平成23年時点で修正

3.5 水中計測技術

<考え方>

水中計測技術は、ダム湖の堆砂、ダム堤体の上流面、河川の樋門・樋管、河川内の橋脚基礎部、河口テラスの形状、海岸の浅海地形や離岸堤など、水中に没した地形や施設の変状の有無や程度を迅速かつ安全に把握するために活用するものであり、最新の水中計測技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、計測作業の安全確保と効率化や計測精度向上を目的に、新たな水中計測技術の活用を図ることが重要である。

<例示>

水中計測技術には、たとえば音響測深やレーザ測深による計測システムがある。
 音響測深は、船から発信された音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより水深を計測するシステムである。測定に当たっては、水温や深度による音速度補正、波浪や潮汐の影響補正等が必要となる。
 近年では、船の左右方向に指向角が広く前後方向に指向角が狭い音波を発射して、船の真下の水深だけでなく船の左右方向の水深まで一時に測量することができるマルチビーム音響測深が利用されている。

現行版（平成24年6月）

表 22-3-1 空中からの計測技術の特徴

観測手段		特徴（◎：最適、○：適、△：やや不適、×：不適）							特徴を活かした利用例
		時間的優位性				空間的優位性			
		即時性	夜間	悪天候時	継続的観測	最大分解能	広域	局所	
人工衛星 ※1	SAR ※2	△	◎	◎	○	1m	◎	△	・地殻変動・浸水域等、長期的・広範囲な被災状況の把握
	光学	△	△	○	○	0.5m	◎	△	
航空機	SAR ※2	△	○	△	△	—	○	△	・火山活動の把握を人工衛星の回帰を待たずに行う
	光学	○	△	○	△	—	○	○	
ヘリコプター 光学センサ※3		◎	△	×	○	—	○	○	・施設被害等の機動的調査（全体把握や被災箇所の詳細調査等）
無人航空機 光学センサ※3		△	×	○	◎	—	×	◎	・局所的な被災箇所の継続観測

※1 国土交通省側で雨量計・水位計・震度計等の情報により被害が想定される地域を特定し、JAXA等に撮影依頼。
 ※2 Strip map-mode SARでの特徴、海外ではSpotlight-mode SARが実用化されているが、日本では開発中。
 ※3 ヘリコプター及び無人航空機に搭載するSARについても、現在、国内でSpotlight-mode SARを開発中。
 注：本表の◎～×は、現状における手段の適否を表したもので、将来的には各手段の即時性や分解能等に改善が期待される。

出典：「大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方検討委員会」資料（国土交通省河川局）を基に平成23年時点で修正

3.5 水中計測技術

<考え方>

水中計測技術は、ダム湖の堆砂、ダム堤体の上流面、河川の樋門・樋管、河川内の橋脚基礎部、河口テラスの形状、海岸の浅海地形や離岸堤など、水中に没した地形や施設の変状の有無や程度を迅速かつ安全に把握するために活用するものであり、最新の水中計測技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、計測作業の安全確保と効率化や計測精度向上を目的に、新たな水中計測技術の活用を図ることが重要である。

<例示>

水中計測技術には、たとえば音響測深やレーザ測深による計測システムがある。
 音響測深は、船から発信された音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより水深を計測するシステムである。測定に当たっては、水温や深度による音速度補正、波浪や潮汐の影響補正等が必要となる。
 近年では、船の左右方向に指向角が広く前後方向に指向角が狭い音波を発射して、船の真下の水深だけでなく船の左右方向の水深まで一時に測量することができるマルチビーム音響測深が利用されている。

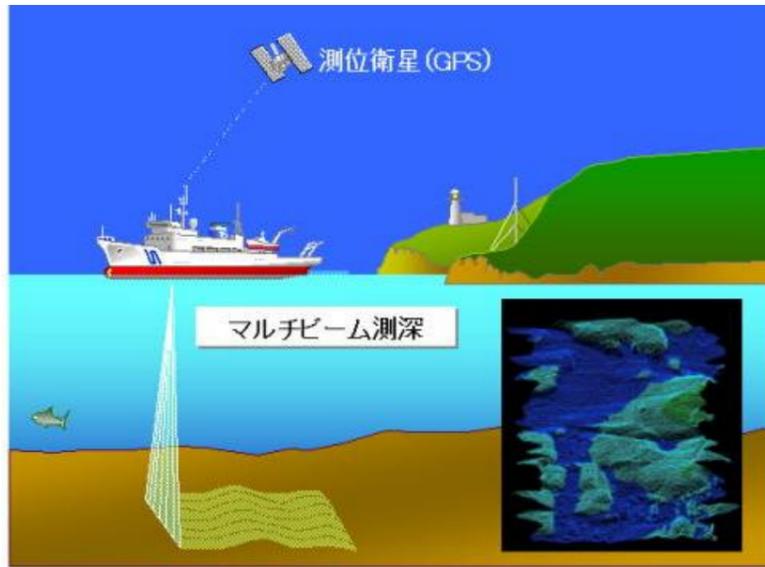


図 22-3-1 マルチビーム音響測深のイメージ

出典：第九管区海洋情報部 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm)

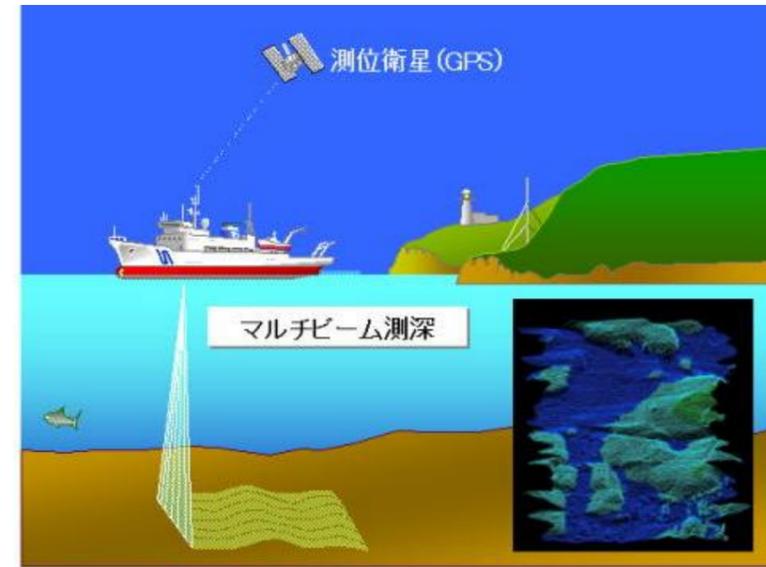


図 22-3-1 マルチビーム音響測深のイメージ

出典：第九管区海洋情報部 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm)

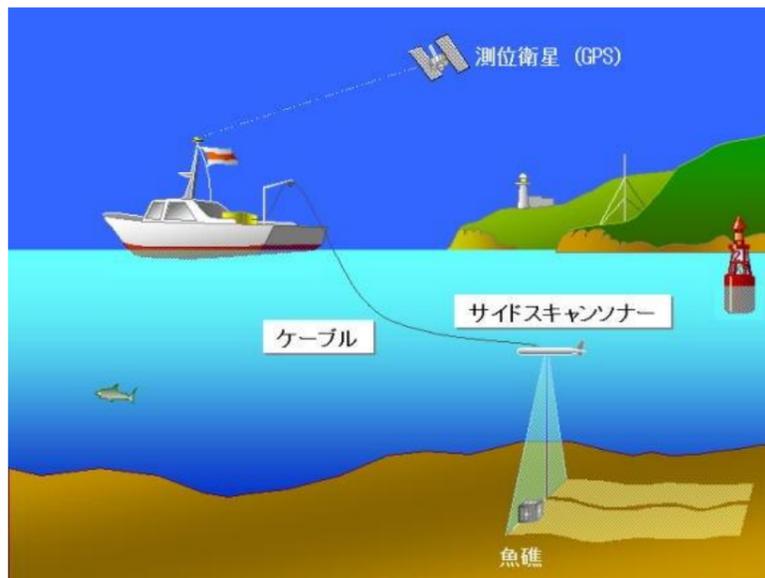


図 22-3-2 サイドスキャンソナーのイメージ

出典：第九管区海洋情報部 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm)

また、水深を測る機器ではないがサイドスキャンソナーというものがある。サイドスキャンソナーは、船舶の後部から曳航される曳航体(フィッシュ)から、超音波ビームを、進行方向に垂直に扇形に発射、海底面からの反射強度の強弱の分布を濃淡の分布に変換、図化する機器である。非常に細かい起伏や海底面の底質を表現することができるので、海底の割れ目や サンドウェーブ(砂が描く波紋)、溶岩流などの自然現象のほか、海底のパイプラインや沈没船などもリアルに図化できる。海面付近(100m 以浅)を曳航する型と、海底付近(海底上約 100m)まで降ろす深海曳航型の 2 通りがある。

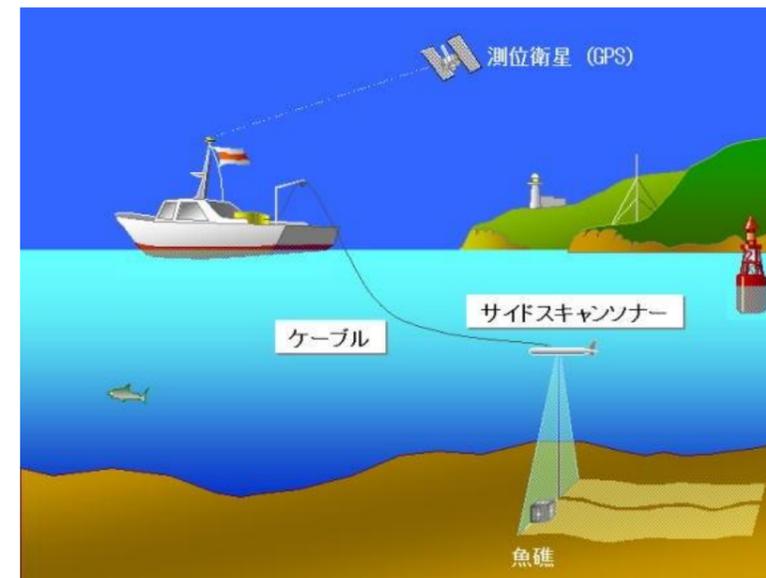


図 22-3-2 サイドスキャンソナーのイメージ

出典：第九管区海洋情報部 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm)

また、水深を測る機器ではないがサイドスキャンソナーというものがある。サイドスキャンソナーは、船舶の後部から曳航される曳航体(フィッシュ)から、超音波ビームを、進行方向に垂直に扇形に発射、海底面からの反射強度の強弱の分布を濃淡の分布に変換、図化する機器である。非常に細かい起伏や海底面の底質を表現することができるので、海底の割れ目や サンドウェーブ(砂が描く波紋)、溶岩流などの自然現象のほか、海底のパイプラインや沈没船などもリアルに図化できる。海面付近(100m 以浅)を曳航する型と、海底付近(海底上約 100m)まで降ろす深海曳航型の 2 通りがある。

改定版（平成26年4月）

マルチビーム測深機
サイドスキャンソナーの記録（車両）
引き上げられた車両
中央ふ頭1岸壁

マルチビーム測深機
サイドスキャンソナーの記録（車両）
引き上げられた車両
中央ふ頭1岸壁

図 22-3-3 マルチビーム、サイドスキャンソナーを活用した水中転落車両の探査例

レーザ測深は、赤色のレーザ光（主に海面で反射される）と緑色のレーザ光（主に海底で反射される）を併用して両者の反射時間の差から水深を測定する手法である。航空機は高度 500m 程度を飛行し、発射されるレーザ光は機体の左右にスキャン（走査）されるため、航空機の直下の水深だけでなく左右に幅を持って多数の水深値を短時間に得ることができる。

現在の技術で測深できる深さは海水のきれいな場所でも水深 50m 程度までであるとされており、測量船での測深が困難な岩場などの浅瀬が存在する浅海域での測量を効率的に行うことができる。

① 赤外レーザーは海面で反射する
② 緑レーザーは海底で反射する
③ その時間差を計測して水深を求める

海底から反射した緑レーザー
水面から反射した赤外レーザー
水面
海底

図 22-3-4 レーザ測深のイメージ

出典：第九管区海洋情報部 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm)

現行版（平成24年6月）

マルチビーム測深機
サイドスキャンソナーの記録（車両）
引き上げられた車両
中央ふ頭1岸壁

マルチビーム測深機
サイドスキャンソナーの記録（車両）
引き上げられた車両
中央ふ頭1岸壁

図 22-3-3 マルチビーム、サイドスキャンソナーを活用した水中転落車両の探査例

レーザ測深は、赤色のレーザ光（主に海面で反射される）と緑色のレーザ光（主に海底で反射される）を併用して両者の反射時間の差から水深を測定する手法である。航空機は高度 500m 程度を飛行し、発射されるレーザ光は機体の左右にスキャン（走査）されるため、航空機の直下の水深だけでなく左右に幅を持って多数の水深値を短時間に得ることができる。

現在の技術で測深できる深さは海水のきれいな場所でも水深 50m 程度までであるとされており、測量船での測深が困難な岩場などの浅瀬が存在する浅海域での測量を効率的に行うことができる。

① 赤外レーザーは海面で反射する
② 緑レーザーは海底で反射する
③ その時間差を計測して水深を求める

海底から反射した緑レーザー
水面から反射した赤外レーザー
水面
海底

図 22-3-4 レーザ測深のイメージ

出典：第九管区海洋情報部 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sokuryo/sokuryo_history.htm)

<参考となる資料>

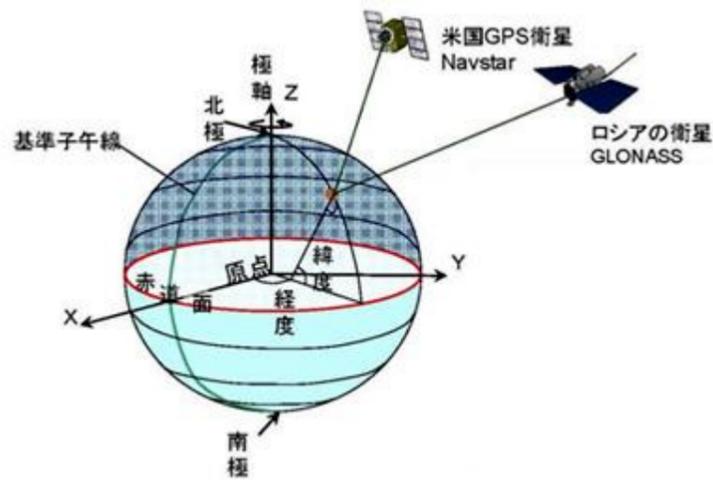
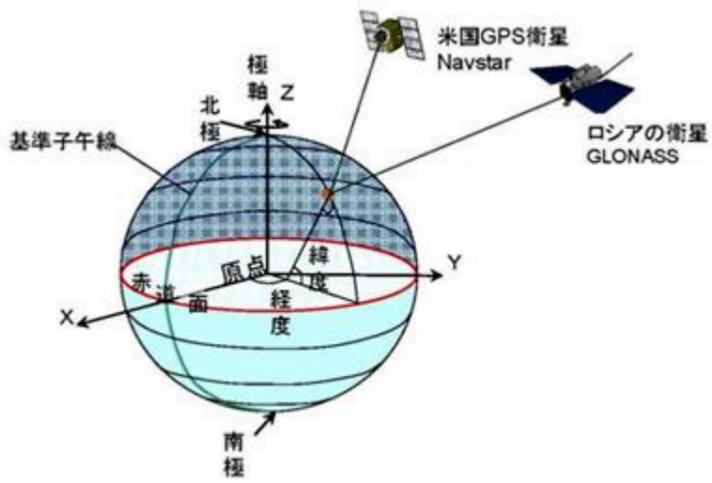
水中計測技術を活用する際の実務については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水路測量業務準則，昭和 57 年 10 月 1 日，保水測第 47 号，海上保安庁，一部改正：平成 22 年 3 月 31 日保海技第 282 号。
- 2) 水路測量業務準則施行細則，昭和 58 年 4 月 27 日，保水海第 13 号，海上保安庁，一部改正：

<参考となる資料>

水中計測技術を活用する際の実務については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水路測量業務準則，昭和 57 年 10 月 1 日，保水測第 47 号，海上保安庁，一部改正：平成 22 年 3 月 31 日保海技第 282 号。
- 2) 水路測量業務準則施行細則，昭和 58 年 4 月 27 日，保水海第 13 号，海上保安庁，一部改正：

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）
<p>平成22年9月17日保海海第98号。 3) マルチビーム（浅海用）音響測深実施指針，平成14年3月28日，保水沿第208号，一部改正：平成22年11月29日保海海第145号。 4) （社）海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル—深浅測量—，2003。 5) David F. Ph.D. Maune：Digital Elevation Model Technologies and Applications, The DEM Users Manual, 2nd Edition, 2007.</p>	<p>平成22年9月17日保海海第98号。 3) マルチビーム（浅海用）音響測深実施指針，平成14年3月28日，保水沿第208号，一部改正：平成22年11月29日保海海第145号。 4) （社）海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル—深浅測量—，2003。 5) David F. Ph.D. Maune：Digital Elevation Model Technologies and Applications, The DEM Users Manual, 2nd Edition, 2007.</p>
<p>3.6 GNSS 測量/計測 <考え方></p>	<p>3.6 GNSS 測量/計測 <考え方></p>
<p>測位衛星を利用した位置計測では米国が運用するGPSが広く利用されているが、最近ではロシアのGLONASSが本格的な稼動を開始しており、双方の信号を同時に受信できる測量機器も多くなっている。将来は、欧州のGalileoなどの測位システムのほか、我が国の準天頂衛星システムを含めた利用も有力視されている。</p> <p>これらの衛星測位システムを総称してGNSS（Global Navigation Satellite Systems）と呼んでいる。</p> <p>GNSSを利用した測量/計測は、地形や施設の詳細な3次元位置や位置変化を取得するのに有効であり、目的に応じて最適な方式を採用するとともに、必要な衛星数を確保するための上空視界の確保などの条件に留意して活用することが重要である。</p>  <p style="text-align: center;">図 22-3-5 GNSS の測定手法</p> <p style="text-align: center;">出典：九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html)</p> <p>1) GNSS 測量/計測の方式 GNSS 測量/計測には大きく2つの方式に分類される。 a) 単独測位：受信機1台を使用して観測点の位置を求める。 b) 相対測位：受信機を2台以上使用して観測点間の相対位置を求める。</p>	<p>測位衛星を利用した位置計測では米国が運用するGPSが広く利用されているが、最近ではロシアのGLONASSが本格的な稼動を開始しており、双方の信号を同時に受信できる測量機器も多くなっている。将来は、欧州のGalileoなどの測位システムのほか、我が国の準天頂衛星システムを含めた利用も有力視されている。</p> <p>これらの衛星測位システムを総称してGNSS（Global Navigation Satellite Systems）と呼んでいる。</p> <p>GNSSを利用した測量/計測は、地形や施設の詳細な3次元位置や位置変化を取得するのに有効であり、目的に応じて最適な方式を採用するとともに、必要な衛星数を確保するための上空視界の確保などの条件に留意して活用することが重要である。</p>  <p style="text-align: center;">図 22-3-5 GNSS の測定手法</p> <p style="text-align: center;">出典：九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html)</p> <p>1) GNSS 測量/計測の方式 GNSS 測量/計測には大きく2つの方式に分類される。 a) 単独測位：受信機1台を使用して観測点の位置を求める。 b) 相対測位：受信機を2台以上使用して観測点間の相対位置を求める。</p>

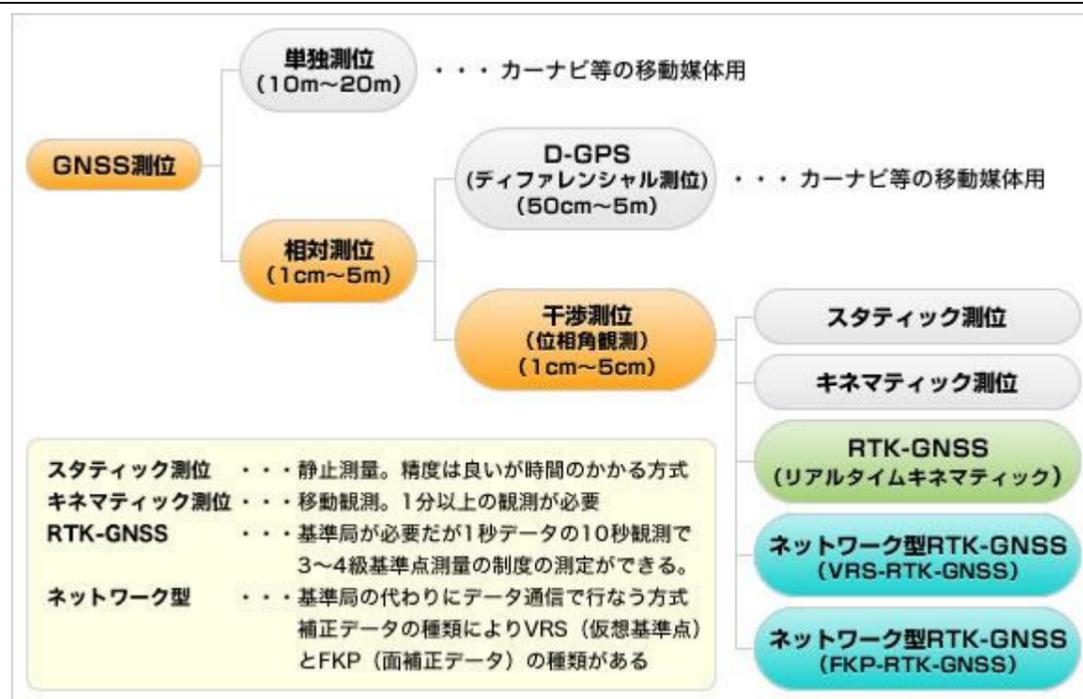


図 22-3-6 GNSS 測量/計測の方式の種類

出典：九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html)

GNSS測位の方法

カーナビ方式 <単独測位> 測量方式 <相対測位>



・絶対位置(経緯度、高さ)
・精度：～10m

→カーナビ等では十分な精度

・基準点からの相対位置(距離と方向)
・精度：cm級

→測量ではこの精度が必要

図 22-3-7 単独測位と相対測位の違い (国土地理院提供)

相対測位は更に幾つかの方式に分類され、精密な観測が要求される測量では干渉測位方式が採用されている。

一般的に測量では、精度や目的、方式に応じて、数分から数時間のGNSS衛星信号の観測を行って、観測点の3次元位置座標を求めるが、固定した点での繰り返し観測や連続的な観測によって、観測点の位置座標の変動を定期的あるいはリアルタイムに検出する技術も実用化されている。

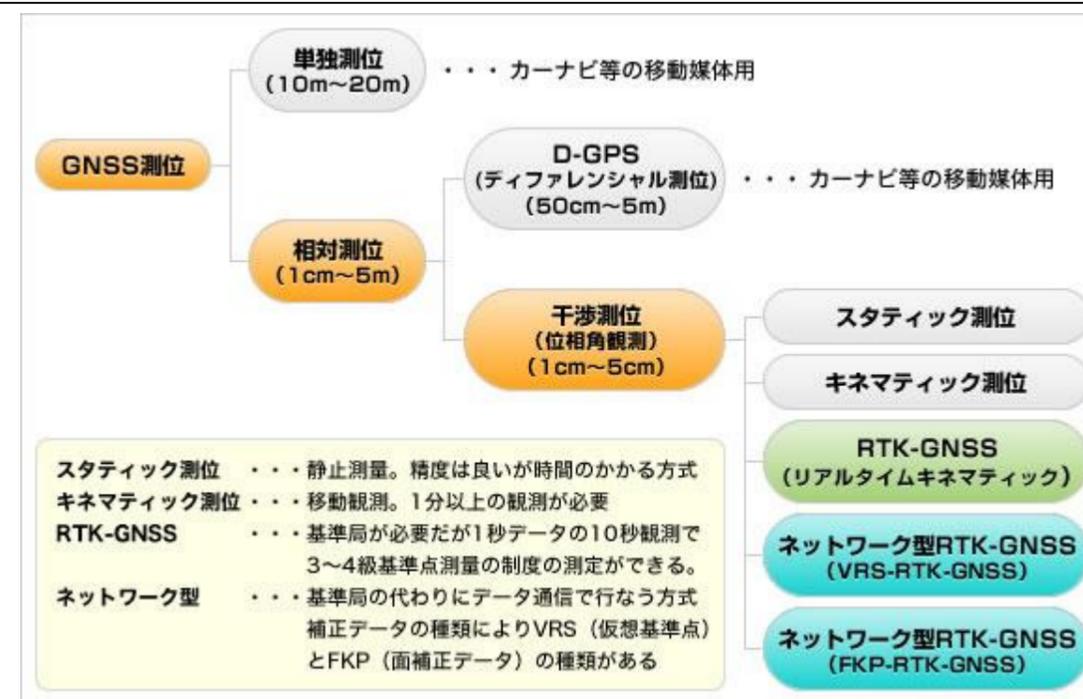
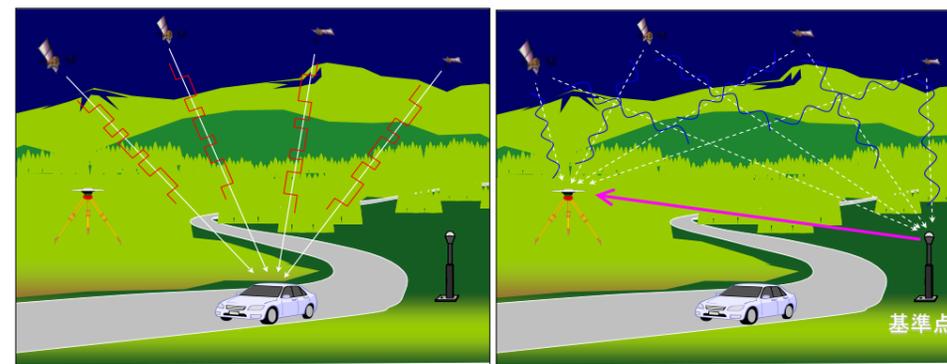


図 22-3-6 GNSS 測量/計測の方式の種類

出典：九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html)

GNSS測位の方法

カーナビ方式 <単独測位> 測量方式 <相対測位>



・絶対位置(経緯度、高さ)
・精度：～10m

→カーナビ等では十分な精度

・基準点からの相対位置(距離と方向)
・精度：cm級

→測量ではこの精度が必要

図 22-3-7 単独測位と相対測位の違い (国土地理院提供)

相対測位は更に幾つかの方式に分類され、精密な観測が要求される測量では干渉測位方式が採用されている。

一般的に測量では、精度や目的、方式に応じて、数分から数時間のGNSS衛星信号の観測を行って、観測点の3次元位置座標を求めるが、固定した点での繰り返し観測や連続的な観測によって、観測点の位置座標の変動を定期的あるいはリアルタイムに検出する技術も実用化されている。

改定版（平成26年4月）

2) ネットワーク型 RTK 方式

RTK (Real Time Kinematic) 方式は、座標値が与えられた基準局に設置した GNSS 測量機器の観測データを一方の観測点の測量機器に無線で送信し、観測点を短時間に移動しながらその位置座標を求める方式である。これに対して、ネットワーク型 RTK 方式は、国土地理院の電子基準点網等を利用することで、観測点を含む広域的な観測データ等により補正データ等又は面補正データを算出し、移動観測点で観測したデータとともに計算処理することで観測点の位置座標を求める方式である。RTK 方式に比べて、利用者側で基準局を設置する必要がない、より広域に位置座標の観測が可能であるなどのメリットがある。



図 22-3-8 ネットワーク型 RTK 方式概念図

出典：九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html)

我が国では、VRS (Virtual Reference Station: 仮想基準点) 方式及び FKP (Flächen Korrektur Parameter: 面補正パラメータ) 方式を利用したサービスが実用化されている。

上に述べたような利点からネットワーク型 RTK 方式の利用が広がっているが、一方で、単点観測のように周辺の観測点から独立に位置を求める方式では観測の異常やミス、作業地域周辺の基準点との不整合をそのまま採用するおそれもあり、「国土交通省公共測量作業規程」に示す手順等を参考に観測計画を立てることが望ましい。

3) 精密な計測のための留意点

GNSS 測量/計測のような精密な位置観測では、常に上空に GNSS 衛星を 5 個以上捕捉することが求められ、また、観測障害や誤差要因となる近くの構造物や樹木によるマルチパスや電波遮蔽を除くなど、機器の設置場所には特に留意する必要がある。

さらに、遠隔地での観測では、電源や通信手段にも配慮する必要がある。計測目的によっては、1cm 以下の位置座標の変化を検出することが要求されるが、このような小さな位置変化となると、GNSS 測量機器を設置した地盤の変動や日射による機器の変形などの雑音要因をいかに除去するかといった技法も重要な要素になる。

「国土交通省公共測量作業規程」では、路線測量や河川縦横断測量等の多くの測量で GNSS 測量を使用した方式が示されている。このほか、河川・砂防分野では、以下に例示するような様々な用途で GNSS 測量/計測が利用されてきている。

a) 土量の計測

現行版（平成24年6月）

2) ネットワーク型 RTK 方式

RTK (Real Time Kinematic) 方式は、座標値が与えられた基準局に設置した GNSS 測量機器の観測データを一方の観測点の測量機器に無線で送信し、観測点を短時間に移動しながらその位置座標を求める方式である。これに対して、ネットワーク型 RTK 方式は、国土地理院の電子基準点網等を利用することで、観測点を含む広域的な観測データ等により補正データ等又は面補正データを算出し、移動観測点で観測したデータとともに計算処理することで観測点の位置座標を求める方式である。RTK 方式に比べて、利用者側で基準局を設置する必要がない、より広域に位置座標の観測が可能であるなどのメリットがある。



図 22-3-8 ネットワーク型 RTK 方式概念図

出典：九州地方整備局 (http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html)

我が国では、VRS (Virtual Reference Station: 仮想基準点) 方式及び FKP (Flächen Korrektur Parameter: 面補正パラメータ) 方式を利用したサービスが実用化されている。

上に述べたような利点からネットワーク型 RTK 方式の利用が広がっているが、一方で、単点観測のように周辺の観測点から独立に位置を求める方式では観測の異常やミス、作業地域周辺の基準点との不整合をそのまま採用するおそれもあり、「国土交通省公共測量作業規程」に示す手順等を参考に観測計画を立てることが望ましい。

3) 精密な計測のための留意点

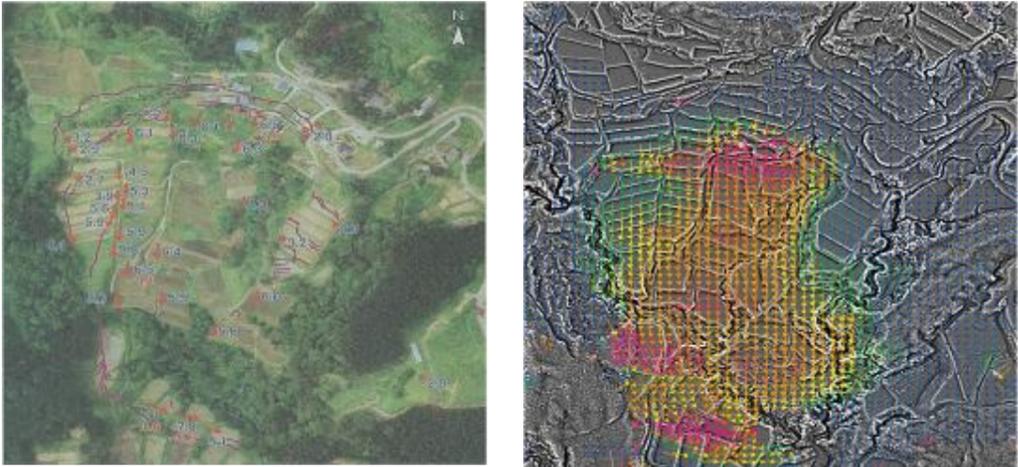
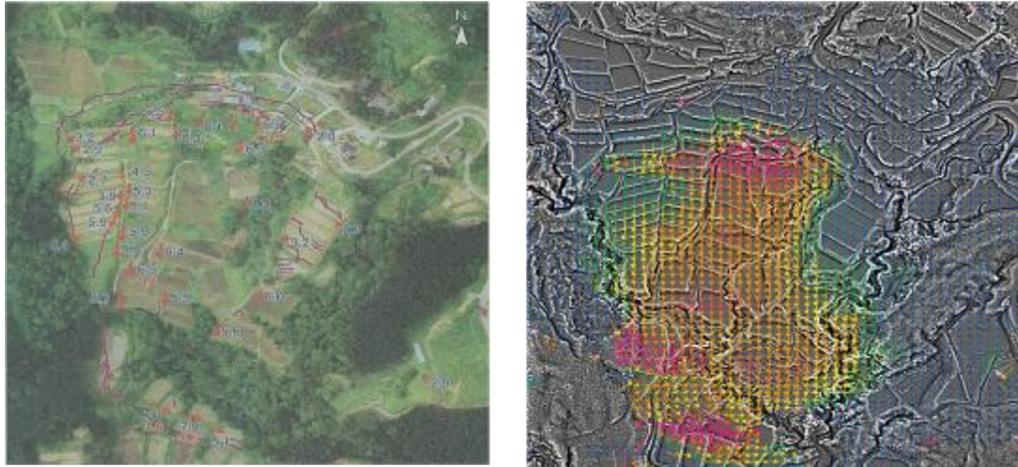
GNSS 測量/計測のような精密な位置観測では、常に上空に GNSS 衛星を 5 個以上捕捉することが求められ、また、観測障害や誤差要因となる近くの構造物や樹木によるマルチパスや電波遮蔽を除くなど、機器の設置場所には特に留意する必要がある。

さらに、遠隔地での観測では、電源や通信手段にも配慮する必要がある。計測目的によっては、1cm 以下の位置座標の変化を検出することが要求されるが、このような小さな位置変化となると、GNSS 測量機器を設置した地盤の変動や日射による機器の変形などの雑音要因をいかに除去するかといった技法も重要な要素になる。

「国土交通省公共測量作業規程」では、路線測量や河川縦横断測量等の多くの測量で GNSS 測量を使用した方式が示されている。このほか、河川・砂防分野では、以下に例示するような様々な用途で GNSS 測量/計測が利用されてきている。

a) 土量の計測

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）
<p>盛土の土量算出のため、ネットワーク型 RTK 方式による単点観測法を用いて、受信機を移動させながらデータコレクタで3次元座標を取得。その後、測量データを CAD に取り込み、展開図の作成及び土量の計算を行う。</p> <p>b) ダム等施設の変形計測 ダム施設では水位変動によるダム本体の変形や周囲地盤の変位を監視する目的で、施設や構内に GNSS 測量機器を複数設置して連続観測を行い、機器間の位置の変化を監視するシステムが稼動している。</p>  <p>図 22-3-9 GNSS ダム変形計測システム概念図</p> <p>出典：GPS 自動計測による大保脇ダム堤体挙動観測について（北部ダム事務所 調査設計第二課） (http://www.dc.ogb.go.jp/hokudamu/jimusyo/katudo/happyou/img/ronbun19.2.pdf)</p>	<p>盛土の土量算出のため、ネットワーク型 RTK 方式による単点観測法を用いて、受信機を移動させながらデータコレクタで3次元座標を取得。その後、測量データを CAD に取り込み、展開図の作成及び土量の計算を行う。</p> <p>b) ダム等施設の変形計測 ダム施設では水位変動によるダム本体の変形や周囲地盤の変位を監視する目的で、施設や構内に GNSS 測量機器を複数設置して連続観測を行い、機器間の位置の変化を監視するシステムが稼動している。</p>  <p>図 22-3-9 GNSS ダム変形計測システム概念図</p> <p>出典：GPS 自動計測による大保脇ダム堤体挙動観測について（北部ダム事務所 調査設計第二課） (http://www.dc.ogb.go.jp/hokudamu/jimusyo/katudo/happyou/img/ronbun19.2.pdf)</p>
<p><標準></p>	<p><標準></p>
<p>「国土交通省公共測量作業規程」では、河川測量その他の章の中で、各種の測量作業における GNSS 測量の適用法について記載しており、GNSS 測量の実施に当たっては、これにしたがって行うことを標準とする。</p>	<p>「国土交通省公共測量作業規程」では、河川測量その他の章の中で、各種の測量作業における GNSS 測量の適用法について記載しており、GNSS 測量の実施に当たっては、これにしたがって行うことを標準とする。</p>
<p><考え方></p>	<p><考え方></p>
<p>GNSS は、現在稼動している GPS や GLONASS のほかに、今後、準天頂衛星をはじめとして複数の測位衛星システムが利用可能になると考えられる。さらに、高精度な位置計測を可能にする GNSS 補強システムや各分野への応用技術の開発も進められている。</p> <p>これらの新たな技術や手法の活用にあたっては、その性能や観測条件、制約等について十分にチェックを行い、河川等に関する事業への活用の可否・適用性を検討し、活用していくことが重要である。</p>	<p>GNSS は、現在稼動している GPS や GLONASS のほかに、今後、準天頂衛星をはじめとして複数の測位衛星システムが利用可能になると考えられる。さらに、高精度な位置計測を可能にする GNSS 補強システムや各分野への応用技術の開発も進められている。</p> <p>これらの新たな技術や手法の活用にあたっては、その性能や観測条件、制約等について十分にチェックを行い、河川等に関する事業への活用の可否・適用性を検討し、活用していくことが重要である。</p>
<p><参考となる資料></p> <p>GNSS を利用した測量/計測の実務については、下記の資料が参考となる。</p> <p>1) 国土交通省国土地理院：ネットワーク型 RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル（案），国土地理院技術資料，A 1 -No. 302，2005。</p>	<p><参考となる資料></p> <p>GNSS を利用した測量/計測の実務については、下記の資料が参考となる。</p> <p>1) 国土交通省国土地理院：ネットワーク型 RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル（案），国土地理院技術資料，A 1 -No. 302，2005。</p>

改定版（平成26年4月）	現行版（平成24年6月）
<p>3.7 映像解析・可視化技術 <考え方></p>	<p>3.7 映像解析・可視化技術 <考え方></p>
<p>映像解析・可視化技術は、デジタル画像からの測量、流速ベクトルの把握、地形や海岸汀線変化の把握などに活用するものであり、最新の映像解析・可視化技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、作業の効率化や精度向上を目的に、新たな映像解析・可視化技術の活用を図ることが重要である。</p>	<p>映像解析・可視化技術は、デジタル画像からの測量、流速ベクトルの把握、地形や海岸汀線変化の把握などに活用するものであり、最新の映像解析・可視化技術の技術開発の動向や活用実績も踏まえ、作業の効率化や精度向上を目的に、新たな映像解析・可視化技術の活用を図ることが重要である。</p>
<p><例 示></p>	<p><例 示></p>
<p>映像解析・可視化技術には、たとえばデジタル画像処理を適用した写真測量技術や動画を活用したPIV法による流速ベクトル解析、レーザデータの可視化技術がある。</p> <p>デジタル画像処理を適用した写真測量技術は、現地で撮影位置を変えて写した複数枚のデジタル写真画像の視差の違いから、対象物の測定の三次元座標をパーソナルコンピュータにより算出し、計測する技術である。</p> <p>現地では写真撮影のみで、後工程は室内での処理となるため、現地での測量や調査時間が短く、工事の妨げや危険箇所への立ち入りが少なくなる。主に、施工時の測量や岩盤の不連続面の計測、法面やトンネルなどの構造物の挙動計測等に用いられている。</p> <p>粒子画像流速測定法（PIV：Particle Image Velocimetry）は、ビデオ等の動画像を用いて流速ベクトルを解析する技術である。</p> <p>PIV法は、隣接するフレーム間の対応点を濃度相関で決定し、画像内の輝度の分布パターンが一定時間内に移動する状況を追跡して、対象領域内における速度ベクトルを同時に多点で面的に計測するものである。本手法により流動又は崩落する移動体の各部分の移動速度、移動方向等の詳細情報を取得することができる。</p> <p>このほかのビデオ画像解析の一つに、高解像度ビデオカメラによりコンクリート構造物や土構造物を撮影することによって遠くからでも目視と同程度の精度で表面変状を検出できる技術がある。</p>	<p>映像解析・可視化技術には、たとえばデジタル画像処理を適用した写真測量技術や動画を活用したPIV法による流速ベクトル解析、レーザデータの可視化技術がある。</p> <p>デジタル画像処理を適用した写真測量技術は、現地で撮影位置を変えて写した複数枚のデジタル写真画像の視差の違いから、対象物の測定の三次元座標をパーソナルコンピュータにより算出し、計測する技術である。</p> <p>現地では写真撮影のみで、後工程は室内での処理となるため、現地での測量や調査時間が短く、工事の妨げや危険箇所への立ち入りが少なくなる。主に、施工時の測量や岩盤の不連続面の計測、法面やトンネルなどの構造物の挙動計測等に用いられている。</p> <p>粒子画像流速測定法（PIV：Particle Image Velocimetry）は、ビデオ等の動画像を用いて流速ベクトルを解析する技術である。</p> <p>PIV法は、隣接するフレーム間の対応点を濃度相関で決定し、画像内の輝度の分布パターンが一定時間内に移動する状況を追跡して、対象領域内における速度ベクトルを同時に多点で面的に計測するものである。本手法により流動又は崩落する移動体の各部分の移動速度、移動方向等の詳細情報を取得することができる。</p> <p>このほかのビデオ画像解析の一つに、高解像度ビデオカメラによりコンクリート構造物や土構造物を撮影することによって遠くからでも目視と同程度の精度で表面変状を検出できる技術がある。</p>
	
<p>図22-3-10 航空レーザ計測による地すべり変位計測(左)とPIV手法による地すべり変位計測(右)</p>	<p>図22-3-10 航空レーザ計測による地すべり変位計測(左)とPIV手法による地すべり変位計測(右)</p>
<p>レーザデータの可視化は、レーザ計測によって取得された1～数m程度のグリッドセルデータを用いて可視化する技術である。可視化によって擬似3次元化する方法には、GISソフトによる簡便な方法、グリッドセルデータを数値変換する方法等がある。前者には陰影図や段彩図等がある。後者には衛星画像解析によく使われた各種フィルターや最近よく使われるグリッド間角</p>	<p>レーザデータの可視化は、レーザ計測によって取得された1～数m程度のグリッドセルデータを用いて可視化する技術である。可視化によって擬似3次元化する方法には、GISソフトによる簡便な方法、グリッドセルデータを数値変換する方法等がある。前者には陰影図や段彩図等がある。後者には衛星画像解析によく使われた各種フィルターや最近よく使われるグリッド間角</p>

改定版（平成26年4月）

度から求める開度、波として解析するウェーブレット変換等がある。また、数種の数値変換結果を重ね合わせて GIS ソフトによって効果的に表示する手法もある。レーザデータを活用することにより斜面での 50cm~1m オーダーの微細な凹凸の判読が可能となっている。

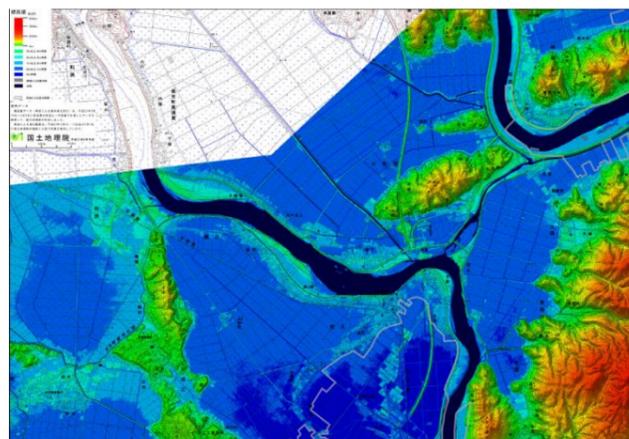


図 22-3-11 デジタル標高地形図（航空レーザデータを用いた陰影段彩図）の例
出典：国土地理院（<http://saigai.gsi.go.jp/2012demwork/checkheight/index.html>）

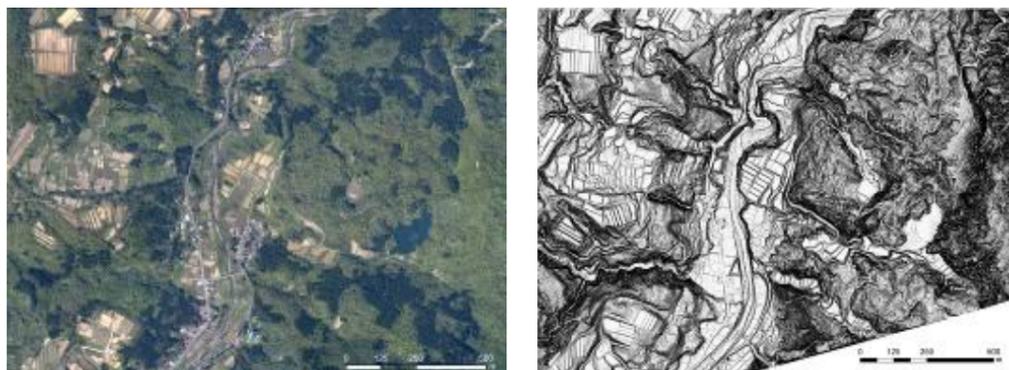


図 22-3-12 通常の空中写真から見た地すべり斜面(左)と開度の原理を応用した微地形表示画像(右)

このような新たな計測技術は、河川等に関する事業以外の他分野での活用を念頭に、日々進化し、システム化、コストダウンが図られるものであることから、河川等に関する事業への応用も念頭に、活用の可否・適用性を検討し、取捨選択の上、活用していくことが重要である。

<参考となる資料>

映像解析・可視化技術の実務については、下記の資料が参考となる。

- 1) 加賀昭和, 井上義雄, 山口克人：逐次棄却法を用いたパターン追跡アルゴリズム, 可視化情報学会誌, 第13巻 Suppl 2号, 1993.
- 2) 徐超男：応力発光体を用いたセンシング, セラミックス, 44-3, pp.154-160, 2009.
- 3) 横山隆三, 白沢道生, 菊池祐：開度による地形特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング, Vol.38 No.4, pp.26-34, 1999.

現行版（平成24年6月）

度から求める開度、波として解析するウェーブレット変換等がある。また、数種の数値変換結果を重ね合わせて GIS ソフトによって効果的に表示する手法もある。レーザデータを活用することにより斜面での 50cm~1m オーダーの微細な凹凸の判読が可能となっている。

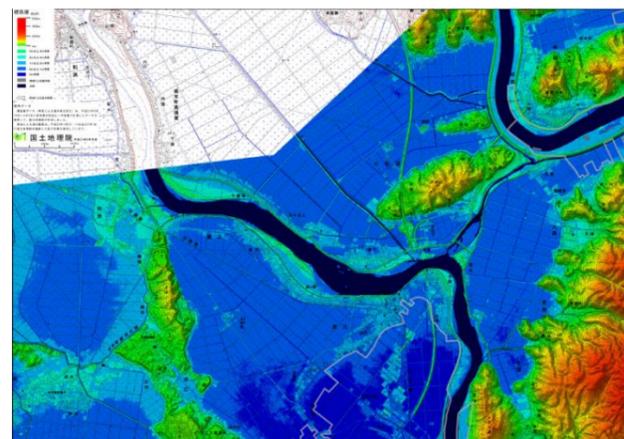


図 22-3-11 デジタル標高地形図（航空レーザデータを用いた陰影段彩図）の例
出典：国土地理院（<http://saigai.gsi.go.jp/2012demwork/checkheight/index.html>）



図 22-3-12 通常の空中写真から見た地すべり斜面(左)と開度の原理を応用した微地形表示画像(右)

このような新たな計測技術は、河川等に関する事業以外の他分野での活用を念頭に、日々進化し、システム化、コストダウンが図られるものであることから、河川等に関する事業への応用も念頭に、活用の可否・適用性を検討し、取捨選択の上、活用していくことが重要である。

<参考となる資料>

映像解析・可視化技術の実務については、下記の資料が参考となる。

- 1) 加賀昭和, 井上義雄, 山口克人：逐次棄却法を用いたパターン追跡アルゴリズム, 可視化情報学会誌, 第13巻 Suppl 2号, 1993.
- 2) 徐超男：応力発光体を用いたセンシング, セラミックス, 44-3, pp.154-160, 2009.
- 3) 横山隆三, 白沢道生, 菊池祐：開度による地形特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング, Vol.38 No.4, pp.26-34, 1999.