

## サウンディング

サウンディングは、ロッドに付けた抵抗体を地盤中に挿入し、これを貫入、回転、引き抜きさせてその際の抵抗から地盤の性状を調査する方法である。

サウンディングは未固結地盤を対象とする試験であり、数多くの種類があるが代表的なものを挙げると下表のようになります。

方法	名称	連続性	測定値	測定値からの推定量	適用地盤	可能深さ(m)	特徴
静的	スウェーデン式サウンディング試験	連続 (否)	各荷重による沈下量 ( $W_{sw}$ )、 貫入 1m 当たりの半回転数 ( $N_{sw}$ )	標準貫入試験の $N$ 値や一軸圧縮強さ $q_u$ 値に換算(数多くの提案式がある) (概略の地層構成、 $N$ 値の推定、小規模建築物の地耐力)	玉石、礫を除くあらゆる地盤	15m 程度	標準貫入試験に比べて作業が簡単
	ポータブルコーン貫入試験	連続 (否)	貫入抵抗	粘土の一軸圧縮強さ、粘着力 (軟弱な粘性土地盤の層厚確認、 $q_u$ や粘着力の推定)	粘性土や腐植土地盤	5m 程度	簡易試験できわめて迅速
	二重管、電気式コーン貫入試験	連続 (否)	先端抵抗 $q_c$ 間隙水圧 $u$	せん断強さ、土質判別 圧密特性 (詳細な土層判別、強度推定、基礎の支持力と沈下検討)	粘性土地盤や砂質土地盤	貫入装置や固定装置の容量による	データの信頼度が高い
	原位置ベーンせん断試験	不連続 (要)	最大回転抵抗モーメント	粘性土の非排水せん断強さ (鋭敏比の把握、安定解析等での利用)	軟弱な粘性土地盤	15m 程度	軟弱粘性土専用で $c_u$ を直接測定
	孔内水平載荷試験	不連続 (要)	圧力 孔壁変位量 クリープ量	変形係数、初期圧力、降伏圧力、粘土の非排水せん断強さ (地盤反力係数算定、杭の水平抵抗の検討)	孔壁面が滑らかで圧自立するようあらゆる地盤、岩盤	基本的に制限なし	推定量の力学的意味が明瞭である
動的	標準貫入試験	不連続 最小測定間隔は 50cm (要)	$N$ 値 (所定の打撃回数) 土質試料	砂の密度、強さ、摩擦角、合成率、支持力、粘土の粘着力、一軸圧縮強さ (地盤の硬さ、地盤定数の推定、支持力や液状化判定等)	玉石や転石を除くあらゆる地盤	基本的に制限なし	普及度が高く殆どの地盤調査で行われる
	簡易動的コーン勧誘試験	連続 (否)	$N_d$ (所定の打撃回数)	$N_d=(1 \sim 2)N$ $N$ 値と同等の考え方 (支持層の深さや軟弱な土層の層圧確認、 $N$ 値の推定)	玉石や転石を除くあらゆる地盤	15m 程度 (深くなるとロッド摩擦が大きくなる)	標準貫入試験に比べて作業が簡単

連続性の欄の ( ) はボーリングの要否。(地盤調査法, 社団法人地盤工学会, p.191, 一部加筆)

## スウェーデン式サウンディング

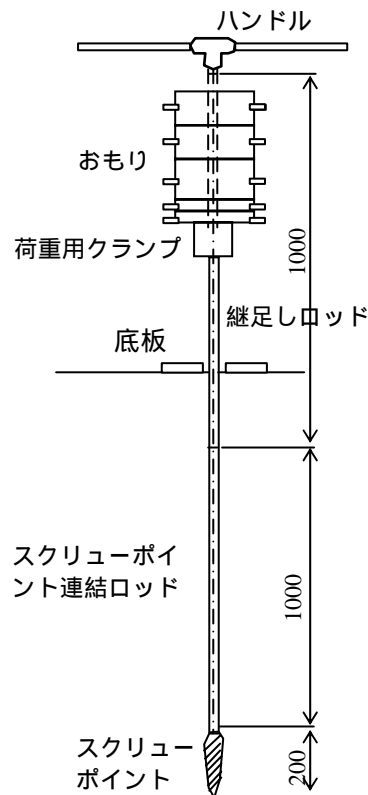
### 試験方法：

専用ロッドの先端にスクリーポイントを取り付け調査地点に垂直に立て、5, 15, 25, 50, 75, 100kg の重りを順に載せていき、そのときの貫入量( $W_{sw}$ )を記録する。この  $W_{sw}$  および  $N_{sw}$  の深度分布を求めて地盤の硬さを判定し土層構成を把握する。

100kg の重りを載せても貫入しないときはロッドを回転させ、25cm 貫入させるのに要する半回転数( $N_a$ ,  $N_{sw}=100/L*N_a$ )を記録する。

### 特徴：

1. 荷重による貫入と回転貫入を併用した原位置試験。
2. この試験方法は、装置およびその操作が容易で迅速に測定でき、比較的貫入能力に優れていて深さ 10m 程度以浅の概略調査、補足調査などに良く用いられる。
3. 最近では戸建住宅など小規模構造物の支持力特性を把握するのに多く用いられている。



スウェーデン式サウンディング概要図

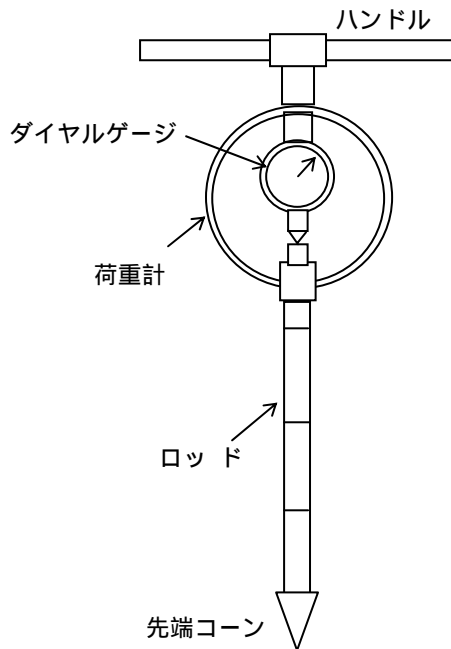
## ポータブルコーン貫入試験

### 試験方法：

専用ロッドの先端に先端角度  $30^\circ$  , コーン面積  $6.45\text{cm}^2$  のコーンを装着し、人力により圧入するときのコーンの貫入抵抗値を読みとり、単位面積当たりの貫入抵抗値を求めて  $q_c$  とする。この  $q_c$  値より粘土の一軸圧縮強さが求められると同時に軟弱層の厚さを把握する。

### 特徴：

1. ポータブルコーン貫入試験は、粘性土や腐植土などの軟弱地盤に用いられる試験。
2. 試験自体が簡易で迅速に行えるが人力で貫入させるため軟弱な粘性土しか貫入できない。



コーンペネトロメーターの例



ポータブルコーン概要図

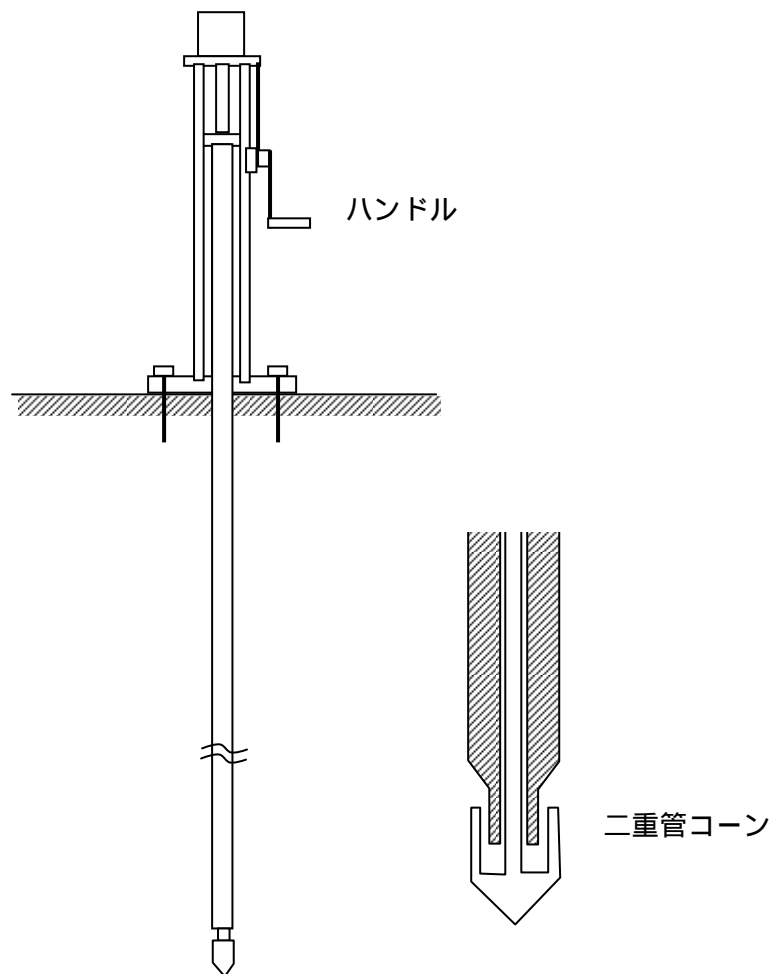
## オランダ式二重管コーン貫入試験(ダッチコーン)

### 試験方法:

二重管ロッドに、先端角  $60^\circ$ 、コーン底面積  $A=10\text{cm}^2$  のコーンを取り付け、まず外管を 25cm だけ貫入(貫入抵抗  $Q_c$ )させその後貫入装置によりコーンを貫入さる。以下、順次ロッドを継ぎ足して測定を行う。

### 特徴:

1. ロッドの周面摩擦を取り除くためロッドを二重管としている。
2. 圧力装置を用いて貫入するため、比較的固い地盤 ( $N$  値 30 程度まで) にも適用できる。
3. ただし、装置が比較的大がかりであり十分な反力が必要であるため、機動性がないので補間調査や精密調査に利用されることが多い。
5. 求められるコーン貫入抵抗  $q_c(=Q_c/A)$  は、粘着力、 $N$  値などとの関係式が求められる。
6. ごく軟弱な粘性土を除けば、かなり正確な強度を推定することができる。



オランダ式二重管コーン貫入試験概要図

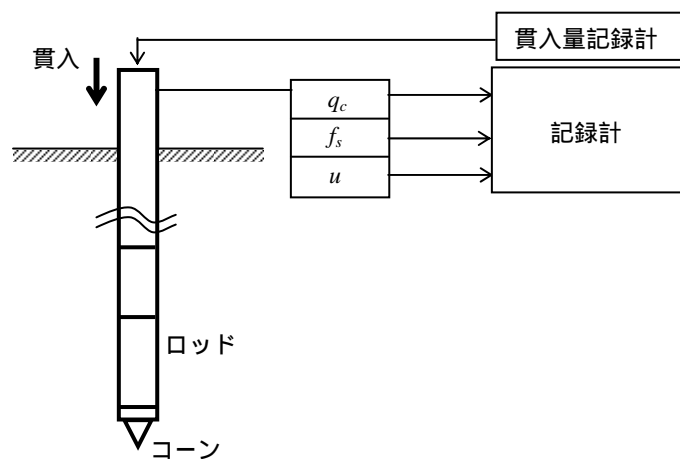
## 電気式静的コーン貫入試験（三成分コーン）

### 試験方法：

ロッドの先端にオランダ式二重管コーン貫入試験と同じ形状（先端角  $60^\circ$  ，面積  $10\text{cm}^2$ ）のコーンを取り付け貫入装置により静的に貫入する．その際，コーンの先端抵抗と同時に間隙水圧，周面摩擦を測定装置で記録する．

### 特徴：

1. 先端に取り付けられた圧力変換器を装備したコーンの先端抵抗を電氣的に記録するもの．
2. 先端抵抗のほかに，間隙水圧および周面摩擦を同時に測定できる三成分コーンと呼ばれるものが主流となっている．
3. サウンディングにおいては常にロッドと地盤の摩擦が問題になるが，電気式静的コーン貫入試験では電氣的に直接先端抵抗が測定できるため，ロッドの摩擦は問題とならない．
4. 上記の三成分の他に傾斜、土圧、温度などが測定できるコーンもある．
5. 得られる先端抵抗の生のデータはオランダ式二重管コーン貫入試験の先端抵抗に相当するが，一般には水圧補正を行った先端抵抗を試験結果として用いる．
6. 電気式静的コーン貫入試験は深さ方向に連続して測定値が得られるため，粘性土中の砂の薄層の検出などは容易．
7. また、先端抵抗と間隙水圧を組み合わせることにより他のサウンディングより土層の判別が正確にできる．



三成分コーン概要図

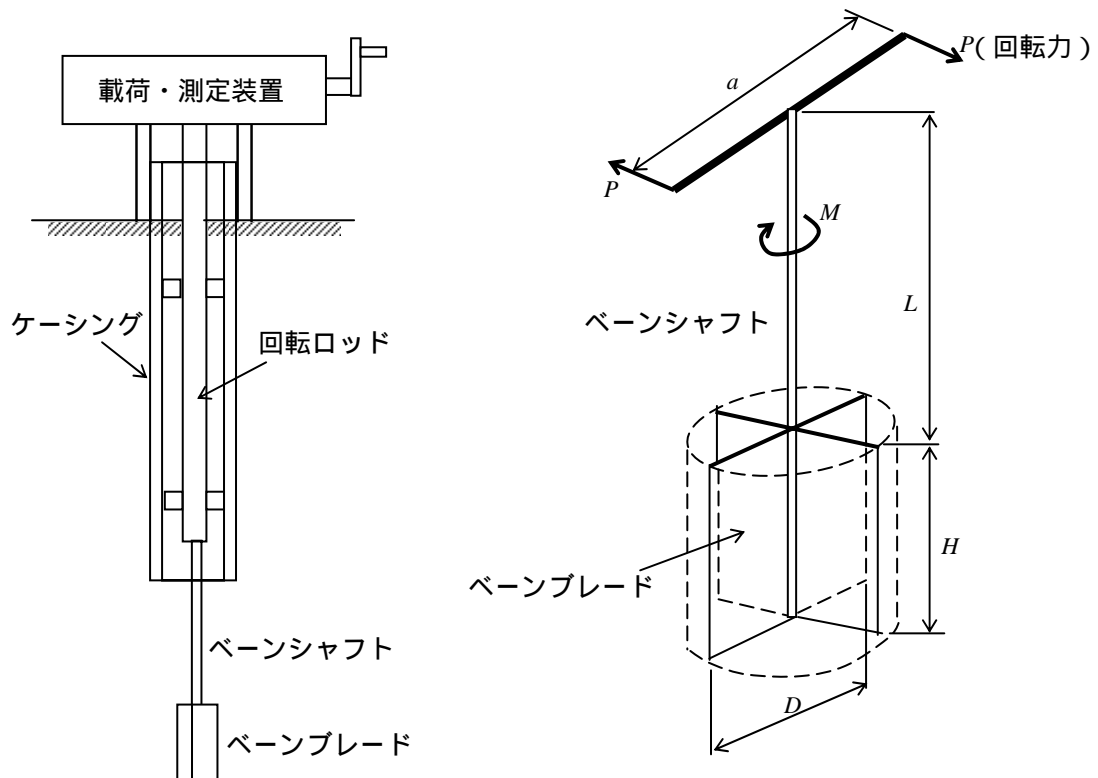
## ベーンせん断試験

### 試験方法：

ボーリング孔底もしくは地表よりロッドの先に付けたベーン（羽根）を地盤中に挿入し、羽根を回転させたときのトルクを読みとり土のせん断強さを求める。

### 特徴：

1. 粘性土の強度試験として欧米を中心とした海外では一般的に用いられ、軟弱地盤の安定計算に用いるせん断強さはこの試験で決められることが多い。
2. 一方、我が国においては一軸（三軸）圧縮試験より粘着力を求めることが多い。



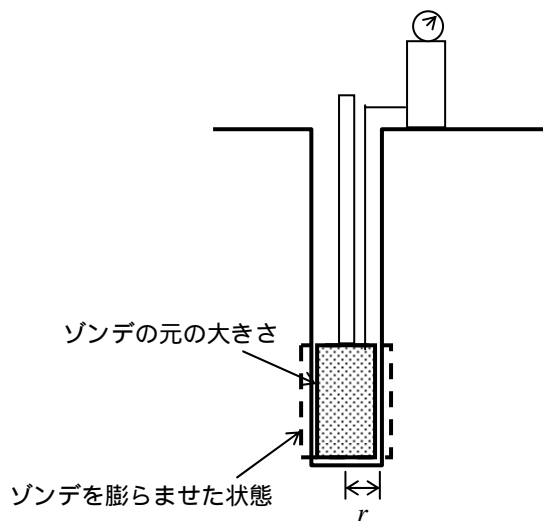
ベーンせん断試験概略図

## 孔内水平載荷試験

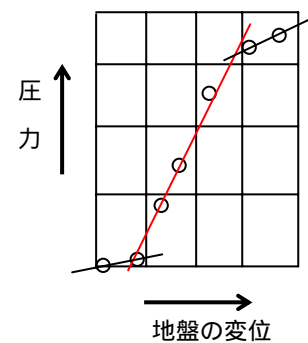
### 試験方法：

ゾンデ（測定管）をボーリング孔のなかで膨らませ、地盤の変位と圧力の関係を測定し、地盤の水平方向の変形特性を求める。そのときの応力と壁面の変位量より地盤係数を求め、変形係数に換算する。

1. ボーリング孔内において孔壁を加圧することによって地盤の変形係数、降伏圧力および極限圧力を求める。
2. 孔内水平載荷試験機は載荷方式により次の3種類に大別される。
  - 等分布荷重方式・1室型
  - 等分布荷重方式・3室型
  - 等分布変位方式
3. 試験は、所定の深度までボーリングを削孔し、ゾンデを降ろして固定する。
4. 次に、ゾンデに水圧を加えゴムチューブを膨らませて壁面を加圧する。



等分布荷重式 1室型



変位 - 応力図

グラフで直線部分が弾性変形領域で、弾性領域における圧力と変位の比  $k = \text{圧力} / \text{変位}$  を求める。変形係数  $E$  を求める具体的な解析方法は、基本的には次式による。

$$E = (1 + \nu) \times r \times k$$

$\nu$  はポアソン比(=0.3),  $r$  は試験半径。

## 標準貫入試験

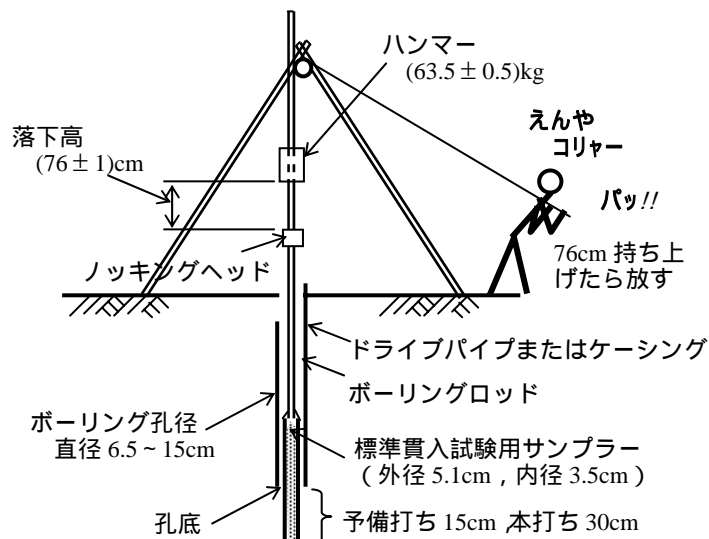
### 試験方法：

ボーリングロッドの先端に中空のサンプラーを取り付け，ボーリング孔底までサンプラーを降ろし， $(63.5 \pm 0.5)\text{kg}$  のハンマーを $(76 \pm 1)\text{cm}$  自由落下させて 30cm 貫入するのに要する打撃回数を  $N$  値として記録する．

### 特徴：

1. 最も一般的に行われているサウンディング．
2. 玉石を除くあらゆる土質に適用できる．
3. 打撃を加えずに自沈してしまうような極めて軟弱な粘性土では適用性に問題がある．
4. サンプラーを引き上げるにより試験深度の土を採取することができる．
5.  $N$  値は下に示すような物性値、支持力などとの相関が求められる．

- ・ 砂の内部摩擦角( )
- ・ 粘性土の一軸圧縮強さ( $q_u$ )
- ・ 砂の相対密度( $D$ )
- ・ 地盤の変形係数( $E$ )
- ・ 直接基礎の支持力
- ・ 杭基礎の鉛直支持力および周面摩擦力
- ・ 液状化強度



標準貫入試験概要図



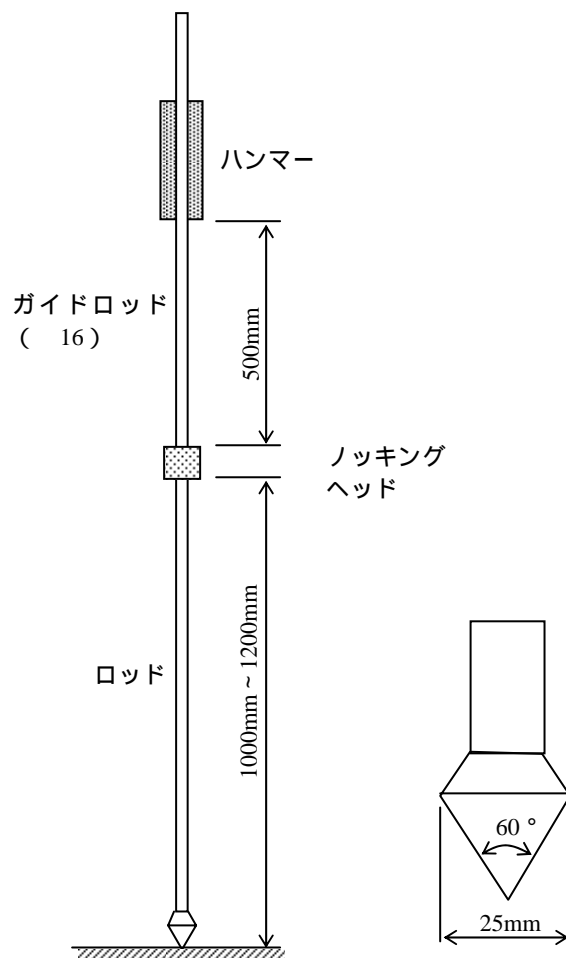
## 簡易動的貫入試験

### 試験方法：

質量 5kg のハンマーを 50cm の高さから自由落下させ、原位置における土の貫入抵抗を簡易に求める。

### 特徴：

1. この試験器の質量はハンマーも含めて 10～15kg 程度と小型軽量なため、急傾斜地や狭い場所でも試験が可能であり、急斜面の風化の程度の判定などに用いられる。
2. この試験より求められる  $N_d$  値と  $N$  値およびその他のサウンディングの試験値との相関が求められている。



簡易動的コーン貫入試験概要図

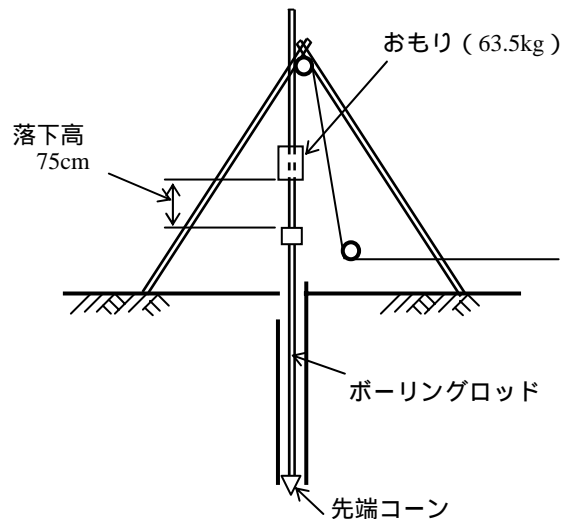
## 動的コーン貫入試験（オートマチックサウンディング）

### 試験方法：

専用ロッドの先に先端角  $60^\circ$ 、外径 45mm のコーンを取り付け、自動連続貫入装置で連続的に貫入していき、貫入量 20cm ごとの打撃回数を測定する。さらに、決められた貫入量毎にトルクを測定し、打撃回数の補正を行って  $N_d$  値とする。

### 特徴：

1. 代表的なものとして鉄研式、土研式、オートマチックラムサウンディング等がある。
2. このうち、オートマチックラムサウンディングはスウェーデンで開発されたもので、その特徴として油圧により貫入および引き抜きが自動的に行われる、トルクを測定して周面摩擦の影響を補正するなどが挙げられます。
3. 補正後の  $N_d$  値は標準貫入試験の  $N$  値とほぼ等価であるといわれている。



動的コーン貫入試験概要図