磁場計測評価SWG

平成13年12月13日

環境磁場の計測方法

1. 名称

環境磁場の計測方法

2. 目的

日本建築学会として，環境磁場の計測方法を統一し，建築界における今後の磁場計測方法の指針となることを目的とする。

3. 適用範囲

計測を必要とする場所，およびその周辺における環境磁場の状態を把握することを目的とした，磁場の計測方法について規定する。

4. 計測量

計測量は磁束密度である。単位はテスラ[T]（国際標準のSI単位系）を用いる。

従来のCGS単位系におけるガウス[G]との関係を表1に示す。

表1 テスラーガウス換算表

テスラ[T]:SI単位系	ガウス[G]:CGS単位系
1 nT	10 μG
1 μT	10 mG
1 mT	10 G
1 T	10,000 G

5. 環境磁場の分類

計測対象となる環境磁場は，大きく次の三種類に分類される。

（1） 直流磁場

強さ，方向が常に一定な磁場で，静磁場ともいう。

永久磁石応用装置（スピーカ等）から漏洩している磁場，落雷・溶接機の直流大電流や強力な電磁石（リフティングマグネット等）によって磁化された鋼材等から発生する磁場，地磁気等がある。

（2） 交流磁場

強さ，方向が周期的に変化する磁場で，周波数1kHz程度までを対象とする。

送電線や変電配電設備からの商用周波数の磁場等がある。

（3） 変動磁場

不規則に変動する磁場である。

電車や自動車の通過による一過性の磁場変化，電気機器・設備の稼働停止による磁場の乱れ等がある。ごく低い周波数（20Hz以下）の交流磁場もここに含める。

6. 計測の準備

6．1　環境磁場の計測に必要な知識

（1） 磁場の特徴

磁場は，三次元空間に広がって強さと方向を有している。磁場の状況を正確に把握するためには，計測点における磁束密度Bの3成分B_x，B_y，B_zを同時に計測，記録しなければならない。更に，3成分を合成した磁束密度B_Tの大きさ（合成磁場）も計算，記録する。

（2） 合成磁場の計算方法

3成分B_x，B_y，B_zで得られたデータは，ベクトル合成の概念を使い，図1の方法で合成磁場を算出する。

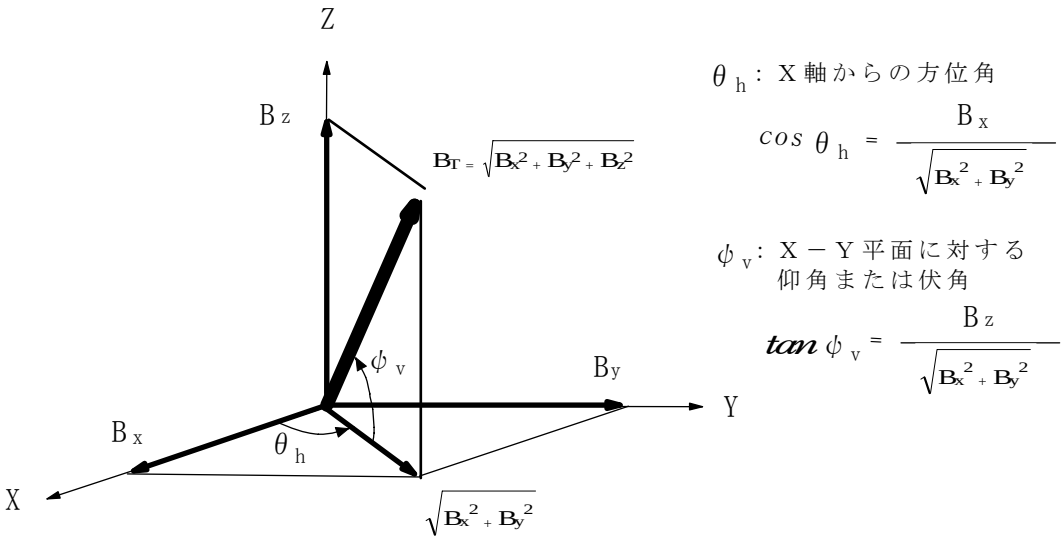


図1　ベクトル合成の概念

（3） 位相差

交流磁場や変動磁場のように時間的な変動がある磁場を計測する場合，B_x，B_y，B_zの3成分間の位相差に留意しなければならない。3成分が同周期，同位相で変動する場合は問題ないが，実際の環境磁場では位相差を伴っていたり，3成分がそれぞれ別個の変動を示す場合がある。このような場合，時間変化を考慮して瞬時値で磁場を評価する必要がある。

６．２　計測機器の選定

（1）　磁場計測器

磁場計測器（ガウスメータ）(注1)は，対象となる磁場の状況や計測目的に応じ，プローブ（検出器）の検出方式(注2)，計測範囲（強さ，周波数），計測値の表示方式（実効値表示，波高値表示），周囲環境（温度，電磁ノイズ等）の影響等を考慮して選定しなければならない。磁場計測器を入手する際には，事前にメーカに仕様を確認する必要がある。

磁場計測器は，プローブ（磁場を検出するセンサが納められている部分）とプローブから出力された信号を演算処理して表示する演算表示部に大きく分けられる。また，プローブは，演算表示部と一体となっているものと分離できるものの二通りある。分離できるものでは，演算表示部ごとに使用すべきプローブがメーカにより指定されており，正しい組み合わせで使わなければ正確な計測は行えない。

磁場は三次元空間に方向性を持って広がるため，計測点毎に3成分B_x, B_y, B_zを計測しなければならない。環境磁場の計測に当たっては，基本的に3成分が同時計測可能な磁場計測器を使用する。プローブは，直交した3つのセンサーを内包した三軸プローブを使用する。入手できない場合は，プローブスタンドを利用して，一軸プローブ3本をそれぞれ直交させて使用してもよい。

なお，磁場計測器は，プローブの検出信号を3成分同時に表示または出力できるものが必要である。

（注1）　磁場計測器には，直流磁場専用，交流磁場専用，交流・直流両用の三種類がある。

（注2）　プローブの検出（センシング）方式にはいくつかの種類があり，計測対象となる磁場の強さとその範囲，周波数に応じて選定する必要がある。参考までに，プローブの種類とその実用的な計測範囲について図2および表2に示す。

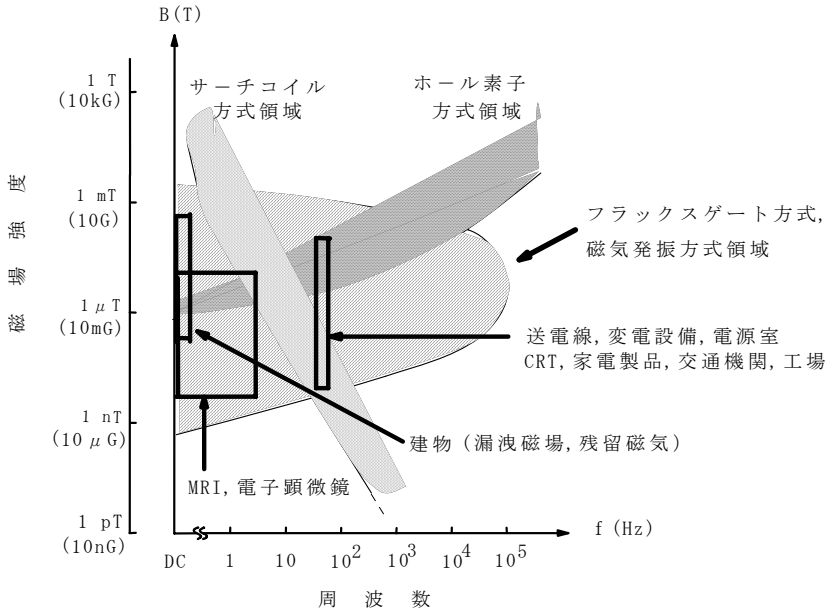


図2　計測対象範囲とプローブ方式

表2 プローブの計測範囲

計測対象	磁気検出方式	実用計測範囲
直流磁場 （変動磁場）	フラックスゲート方式	数nT～数100μT
	磁気発振方式	数nT～数100μT
	ホール素子方式	数10μT～数T
交流磁場	サーチコイル方式	数nT～数T
	フラックスゲート方式	数nT～数100μT
	磁気発振方式	数nT～数100μT
	ホール素子方式	数10μT～数T

（2） 記録装置

変動磁場を計測する場合には，磁場計測器の表示値を読みとることが難しい，磁場計測器の表示が追いつかない等，計測者自身による記録が困難な場合がある。また，交流磁場を計測する場合にも，3成分間で位相差を伴っていたり，波形が歪んだりしていて，表示値からだけでは正確な情報が得られない場合がある。このような場合，記録装置を併用しなければ信頼性の高いデータを得ることができない。記録装置にはペンレコーダ，データロガー等様々なものがあるが，3成分同時に記録でき，計測対象磁場の変動速度，周波数に充分追従して記録が可能な最大記録速度を持ったものを選ぶ必要がある。

なお，記録装置を使用して3成分の同時記録をする場合には，磁場計測器にX，Y，Z軸成分の出力端子が個別にあるものを使用していることが前提である。

6．3 計測対象となる磁場の概略把握

計測対象となる環境磁場は，直流磁場，交流磁場，変動磁場の三種類であるが，実際の計測ではどの種類に属するものか不明な場合がある。信頼性の高い磁場計測を行うためには，対象の磁場がどのような磁場か，事前に概略を把握しておかなければならない。

環境磁場の概略を把握する計測は，磁場の強さと方向のおおよそを知る程度の簡易計測で構わない。この場合の磁場計測器は，取り扱いが簡便な一軸プローブ一体型のものでも充分である。プローブを三次元全方位に回転させて，指示値が最も大きくなった時の値とその方向を調べる。できれば数地点でこれを行い，計測対象となる磁場の概略を把握する。

7． 計測方法

7．1 直流磁場

直流磁場の計測では，基本的に3成分が同時計測可能な磁場計測器を使用する。ただし，直流磁場は，磁場の強さ，方向が常に一定であるため，一軸プローブをX・Y・Z方向に向けて非同時に計測してもよい。この場合，プローブスタンドを使用して三軸の位置関係を固定し，プローブをX・Y・Z方向それぞれに差し替えて計測する。

計測結果としては，計測点における3成分の計測値を記録する。

７．２　交流磁場

交流磁場の計測では，同時性を考えると必ず三軸プローブを使用しなければならない。三軸プローブであれば，基本的にはどのような方向に向けても合成磁場としては正しい値が入手できる。ただし，時刻を変えて数回にわたり計測する場合，三軸プローブの設置方法によって計測値が異なることがある。計測状態の再現性を確保するためには，三軸中の一つの磁気検出軸，たとえばX軸を常に計測基準軸線に対して平行になるようにしてプローブを設置する。このようにすれば，再計測時における設置方向の再現，計測値の再確認も確実に行えるので，計測値に対する信頼性は向上する。

交流磁場の強さが時間の経過に伴って変化する環境では，再計測時における磁場条件が前回と異なるので，環境磁場の特徴を事前に調査しておく必要がある。

なお，交流磁場に関する磁場計測器の表示方式は，波高値表示と実効値表示に分けられる。波高値表示のものは，各成分の交流波形を平均値で信号処理し波高値に換算して表示している。一方，実効値表示のものは，平均値で信号処理し実効値に換算して表示するものと，実効値で信号処理し真の実効値を表示するものがある。計測結果としては，計測点における3成分の計測値を記録するが，いずれの表示方式による計測値であるかわかるように記入するとともに，磁場計測器のメーカ・機種名は必ず明記する。

７．３　変動磁場

変動磁場は大きく分けて，電気機器・設備の稼働停止が原因となる繰り返し型のものと，電車や自動車の通過による一過性の不規則型のものがある。変動磁場の計測では，磁場計測器の表示部から直接ピーク値や平均値を読みとることが難しいので，記録装置（ペンレコーダ，データロガー等）を併用しなければならない。記録装置による波形あるいは計測データから3成分の計測値を時刻別，条件別に読み取り，その結果をそれぞれ数値で記録する。

特に，不規則型の変動磁場の計測においては，3成分の計測値の同時性が重要な意味を持つので，三軸プローブを使用する磁場計測器と3成分の読み取りが可能な記録装置を用いて同時計測を行う。三軸プローブを用意できない場合は，一軸プローブを3本用意し，プローブスタンドを利用して互いに直交させて固定し，3成分を個別に計測してもよい。

プローブを設置する時は，風や振動等の影響でプローブが動いてしまうとそれが信号として表示または出力されてしまい，変動磁場と見分けにくくなってしまうため，十分注意する必要がある。

８．　計測結果の整理方法

８．１　直流磁場

直流磁場では，計測値が一定の場合はその値を，変動がわずかな場合はその平均的な値を読み取って整理する。この場合の合成磁場B_Tは，式（1）で算出する。

$$B_T = \sqrt{B_x{}^2 + B_y{}^2 + B_z{}^2} \qquad \text{式(1)}$$

また，電磁ノイズや誘導ノイズが問題となるような場合には，計測後に波形の解析ができるようにプローブで検出された磁場の瞬時波形をそのまま記録紙あるいは記録媒体に記録しておく。

８．２　交流磁場

交流磁場の計測では，合成磁場は同時計測した各成分の瞬時値より算出しなければならないが，これを瞬時に自動演算表示する磁場計測器は，現状では商品化されていない。一般的に普及しているものは，交流磁場の各成分波形毎に波高値B_{xp}，B_{yp}，B_{zp}あるいは実効値B_{xrms}，B_{yrms}，B_{zrms}を表示する磁場計測器である。現状では，この表示値をもとに以下の式(2)または式(3)によって合成磁場B_{RP}あるいはB_{Rrms}を算出する方法が一般的に採用されているが，各成分間の位相関係が無視されていることに注意する必要がある。

・波高値による合成磁場

$$B_{RP} = \sqrt{B_{xP}{}^2 + B_{yP}{}^2 + B_{zP}{}^2} \qquad \text{式(2)}$$

・実効値による合成磁場

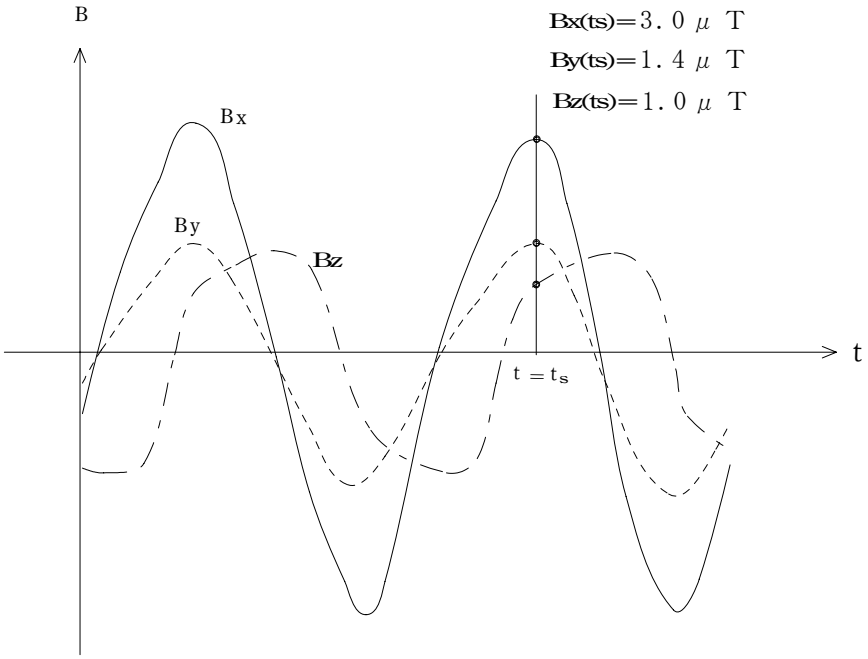
$$B_{Rrms} = \sqrt{B_{xrms}{}^2 + B_{yrms}{}^2 + B_{zrms}{}^2} \qquad \text{式(3)}$$

正確な合成磁場が必要になる時には，データロガー等で記録したデータをパソコン等で演算処理し，瞬時値から合成磁場を算出する方法を採用する。

８．３　変動磁場

変動磁場は，記録装置に記録された波形あるいは計測値から，同一時刻(ts)における$B_{x(ts)}$，$B_{y(ts)}$，$B_{z(ts)}$を読み取り，式(4)に従ってベクトル合成をすれば，その時刻における合成磁場$B_{T(ts)}$が計算できる。具体的には，データロガー等で記録したデータをパソコン等で演算処理するか，3成分を時間変化で記録できるペンレコーダ等の記録装置を使用し，出力された記録シートから3成分の値を読み取って計算する。図3に算出の具体例を示す。

$$B_{T(ts)} = \sqrt{B_{x(ts)}{}^2 + B_{y(ts)}{}^2 + B_{z(ts)}{}^2} \qquad \text{式(4)}$$



$$B_{T(ts)} = \sqrt{3.0^2 + 1.4^2 + 1.0^2} \approx 3.5\mu T$$

図3　合成磁場算出の具体例

9.　結果の表示に付記すべき事項

計測結果の信頼性を向上させるためにも，結果に付記しなければならない事項がある。これを以下に示す。

（1）　計測目的

（2）　計測年月日（必要に応じて曜日，時刻，天候，温度，湿度等を付記）

（3）　計測場所名，所在地

（4）　計測場所およびその周辺を含む敷地の状況，図面

（5）　計測位置（図面および計測状況の写真等）

（6）　計測基準軸の取り方（位置，方位）

（7）　プローブの三軸方向および座標軸と計測基準軸との関係（原点，方向）

（8）　計測機関名，計測者名

（9）　使用計測器の名称，接続条件

①磁場計測器

・機種名，製造元，製造番号

・プローブの型式

・計測レンジ，入力フルスケール

・分解能

・計測可能周波数

・表示方式（波高値表示，実効値表示）

②記録装置

・機種名，製造元，製造番号

・データのサンプリング周期

・入力フルスケール

・分解能

（10） 計測場所周辺の環境条件

①磁場発生源の有無

・電車，幹線道路

・送電線，変電所

・建物内の電源設備，施設

・機械類の移動，電動機器の稼働状況等

②電磁ノイズや誘導ノイズの有無

③振動源の有無

（11） その他気付いた事項

参考文献

「環境磁場の計測技術　－現場における計測の事例－」，日本建築学会，1998

以上