

# NDIS 意見受付

NDIS4403 格子の位相解析による変位測定方法  
原案作成委員会

この NDIS は「日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定等に関する規則」に基づき関係者に NDIS の制定前の意見提出期間を設けるために掲載するものです。

意見は規格原案決定の際の参考として取り扱いさせていただきます。

掲載されている NDIS についての意見提出は次に示すメールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2021 年 6 月 30 日（水）

意見提出先：Email：bsn@jsndi.or.jp

---

## 目 次

|                                | ページ |
|--------------------------------|-----|
| 序文 .....                       | 1   |
| 1 適用範囲 .....                   | 1   |
| 2 引用規格 .....                   | 1   |
| 3 用語及び定義 .....                 | 1   |
| 4 格子 .....                     | 1   |
| 4.1 格子の選択 .....                | 1   |
| 4.2 格子の仕様の表示 .....             | 2   |
| 5 格子の取付け .....                 | 2   |
| 6 変位測定装置の選定 .....              | 2   |
| 7 測定 .....                     | 2   |
| 7.1 設置位置 .....                 | 2   |
| 7.2 撮影条件 .....                 | 2   |
| 7.3 撮影方法 .....                 | 2   |
| 7.4 位相解析及び変位算出 .....           | 2   |
| 7.5 データ記録方法 .....              | 2   |
| 8 保守及び点検 .....                 | 2   |
| 8.1 変位測定装置 .....               | 2   |
| 8.2 格子 .....                   | 2   |
| 9 測定結果の記録及び報告 .....            | 3   |
| 附属書 A (参考) 位相解析による変位測定方法 ..... | 4   |
| 附属書 B (参考) 格子の説明 .....         | 7   |

## まえがき

この規格は、日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定などに関する規則に基づき、標準化委員会の審議を経て、（一社）日本非破壊検査協会が制定した規格である。この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。（一社）日本非破壊検査協会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に関わる確認について、責任はもたない。

この規格を適用する責任は、この規格の使用者に帰する。また、規格を適用した場合に生じるかもしれない安全上又は衛生上の諸問題に関しては、この規格の適用範囲外である。この規格の適用に際して、安全上又は衛生上の規定が必要な場合は、この規格の使用者の責任で、安全又は衛生に関する、規格又は指針などを併用しなければならない。

# 日本非破壊検査協会規格

NDIS 4403 : 202X

## 格子の位相解析による変位測定方法

Displacement measurement method using phase analysis of grating

### 序文

この規格は、画像処理を用いた格子の位相解析による構造物の変位を測定する方法の一般事項について規定する。

なお、対応国際規格は現時点で制定されていない。

### 1 適用範囲

この規格は、構造物表面に取り付けられた格子の位相解析による構造物の変位測定方法の一般事項について規定する。

### 2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**NDIS 4001** 応力・ひずみ測定標準用語

**JIS Z 2300** 非破壊試験用語

### 3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、**NDIS 4001** 及び **JIS Z 2300** によるほか、次による。

#### 3.1

##### 施設等管理者

構造物及び格子の管理者

#### 3.2

##### 変位測定装置

格子を撮影する機能、位相を解析する機能、変位を算出する機能、データを伝送する機能、データを記録する機能などをもつ一群の装置

### 4 格子

#### 4.1 格子の選択

変位測定を行う構造物，測定目的，測定環境などを考慮して，適切な格子を選択する。

## 4.2 格子の仕様の表示

### 4.2.1 表示内容

格子のピッチなど，測定に必要な情報を表示する。表示しない場合は必要な情報を施設等管理者が保管する。なお，測定に必要な情報として，格子の製作精度，施工日，施工者を含めてもよい。

## 5 格子の取付け

変位測定を行う構造物，測定目的，測定環境，使用期間などを考慮して，適切な格子の取付位置及び取付方法を選択する。

## 6 変位測定装置の選定

変位測定を行う構造物，測定目的，測定環境，精度などを考慮して，適切な変位測定装置を選定する。

## 7 測定

### 7.1 設置位置

変位測定を行う構造物，測定目的，測定環境などを考慮して，変位測定装置の適切な位置及び固定方法を選択する。

### 7.2 撮影条件

変位測定を行う構造物，測定目的，測定環境などを考慮して，適切な撮影条件を選択する。

### 7.3 撮影方法

基準画像及び変位測定時の格子画像を撮影する。

### 7.4 位相解析及び変位算出

撮影された基準画像及び変位測定時の格子画像に対して位相解析を行う。位相解析して得られた位相と格子のピッチを用いて変位を算出する。

### 7.5 データ記録方法

得られたデータを測定目的に応じて記録する。

## 8 保守及び点検

### 8.1 変位測定装置

使用環境に応じて変位測定が可能となるように適切に変位測定装置の保守及び点検を行う。

## 56 8.2 格子

57 施設等管理者は、測定が可能な状態となるように、取付けられた格子の保守及び点検を行う。

## 58 9 測定結果の記録及び報告

59 測定結果の記録及び報告には、通常、次の事項を含む。

- 60 a) 構造物
- 61 b) 測定日時
- 62 c) 測定者
- 63 d) 設置位置
- 64 e) 測定位置
- 65 f) 撮影条件
- 66 g) 格子仕様
- 67 h) 変位測定装置
- 68 i) 測定結果

69

70

## 附属書 A

### (参考)

## 位相解析による変位測定方法

### A.1 適用範囲

この附属書は、位相解析法によって構造物の変位を測定する方法について規定する。変位は面内変位及び面外変位とする。

### A.2 変位測定

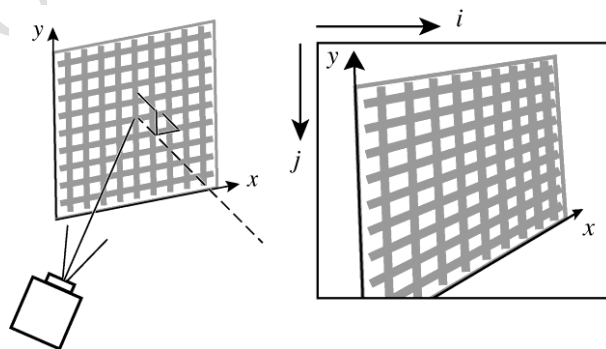
二次元格子画像に対して位相解析を行うことで、二次元の方向ごとの位相を得ることが可能である。位相解析方法としては、フーリエ変換法やサンプリングモアレ法などがある。

図 A.1 に示すように、構造物などの計測対象物の表面に固定した等間隔の二次元格子パターンを撮影し、計測対象物が変形する前後の画像からそれぞれ位相を求め、その差を各画素において求めることで、1 枚の変形後の画像から i 方向と j 方向の 2 成分の位相差を求めることが可能である。物体が面内だけで変位するとした場合には、画像の i 方向と j 方向の位相差  $\Delta\phi_i$  と  $\Delta\phi_j$ 、及び x 方向と y 方向の変位  $d_x$  と  $d_y$  の関係は、それぞれ式(1)及び式(2)のように表すことが可能である。

$$d_x = \frac{p_x}{2\pi} \Delta\phi_i \quad (1)$$

$$d_y = \frac{p_y}{2\pi} \Delta\phi_j \quad (2)$$

ここで、 $p_x$  と  $p_y$  は、図 A.2 に示すようにそれぞれ x 方向と y 方向の格子ピッチを表す。格子のピッチは物体上での繰り返す模様の繰り返し間隔の寸法を意味する。



a) カメラと対象物の配置      b) 撮影される画像

図 A.1—斜め方向から撮影する様子の例

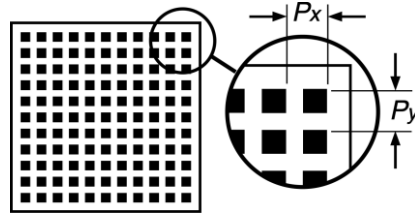


図 A.2—二次元格子とピッチ

図 A.3 に示すように、格子画像に対して位相解析を行うことで、二次元格子の x 方向と y 方向の位相が得られる。次に、図 A.4 に示すように、変形前後の画像に対してモアレ縞の位相をそれぞれ求め、その位相差を求め、そこに式(1)を用いて x 方向の変位を求めることが可能である。図 A.4 は x 方向について示したが、y 方向についても同様に式(2)を用いて変位を求めることが可能である。これらをまとめたものが図 A.5 であり、これは変形前後の二次元格子から変形前後の x 方向と y 方向のモアレの位相をそれぞれ求め、そこから x 方向と y 方向の変位とを算出する流れを示している。

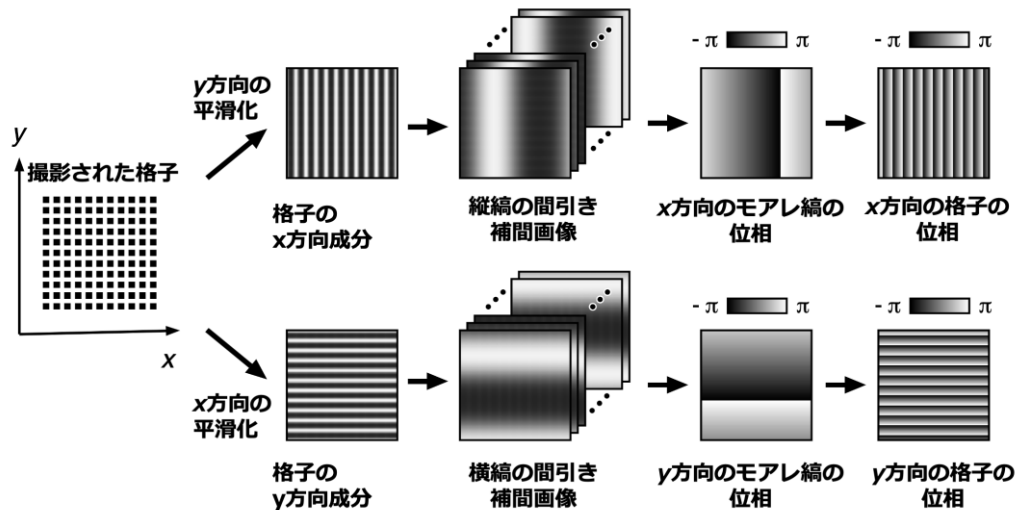


図 A.3—二次元格子の位相の算出

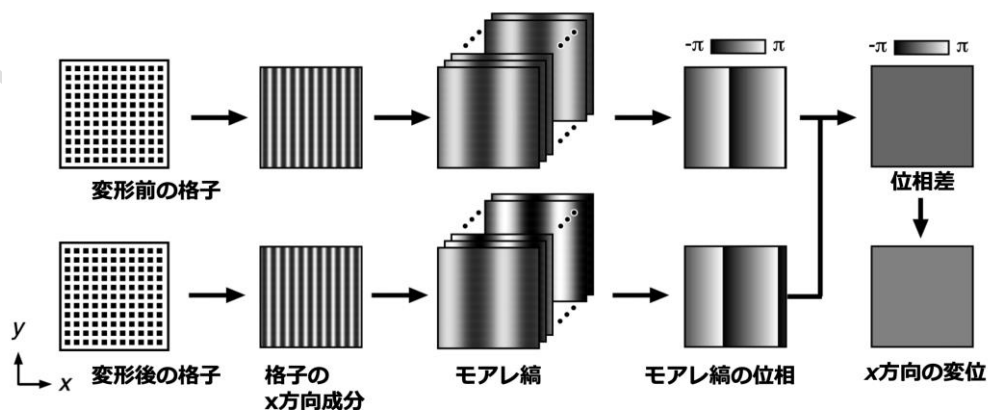
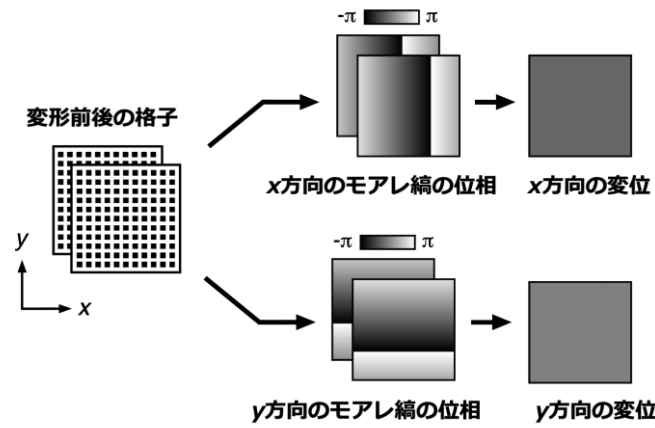


図 A.4—変形前後の二次元格子から変位を算出する流れ



114



115

116

図 A.5—変形前後の二次元格子から変位を算出する流れ

117

## 附属書 B

### (参考)

### 格子の説明

#### B.1 適用範囲

この附属書は、位相解析による変位測定方法で用いる格子についての説明である。

#### B.2 格子の種類

格子は、図 B.1 に示す 1 次元格子及び、図 B.2 に二次元格子がある。白黒 2 値のもの、グレースケールのもの、ピッチが縦横で異なるものなどの種類がある。なお、図 B.2 に示したものは標準的な例であり、対象物、測定目的、測定環境などに応じて適切なものを選択してよい。

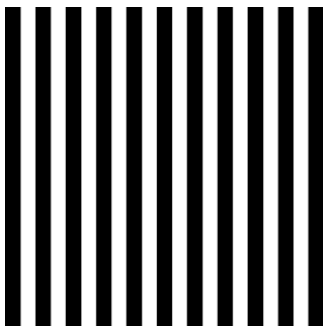


図 B.1—一次元格子の例

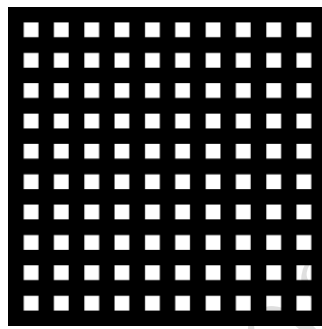


図 B.2—二次元格子の例  
(黒地に白点)

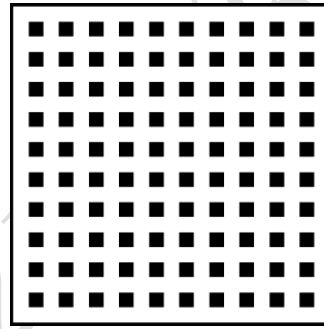


図 B.3—二次元格子の例  
(白地に黒点)

#### B.3 格子のピッチ及び精度

格子のピッチは等間隔にすることが望ましい。格子のピッチの精度は製作時の精度である。位相解析の精度は、撮影装置がもつノイズ、使用環境、天候、位相解析の方法などによって左右される。目標とする測定精度が満たされるような格子のピッチを選択する。

例えば、格子ピッチの 1/100 程度の分解能が得られると考えると、0.1 mm の分解能で変位測定を行いたい場合には、格子ピッチが 10 mm の格子を用いればよい。

格子のピッチの精度については、トレーサビリティのある測定装置で測定する必要がある。

格子のピッチは x 方向と y 方向とで異なる寸法ものを使用してもよい。例えば、格子正面にカメラを設置することが不可能な場合など、撮影された画像内での格子のピッチが近い値になるように、対象物体に設置する格子のピッチを変えておくことが有効な場合もある。

撮影された画像内で、位相解析が可能なピッチで格子が撮影されるように、格子のピッチと撮影条件をきめるのが望ましい。

#### B.4 再帰反射特性

再帰反射性のある格子を用いると、夜間など、照明をあてて測定することが可能となる。再帰反射特性は、格子表面の状態によって大きく変化する。例えば、表面のテカリ防止膜があると、再帰反射材を使っていたとしても再帰反射特性は大きく低下する。

146 **B.5 耐候性**

147 格子表面に耐候性シートを貼り付けることで、長期間の屋外での設置に耐えるようになる。

148 **B.6 その他の特性**

149 格子の色，反射率，熱膨張特性など，各種の特性がある。

Pubcome 2021/6/30迄

## NDIS 4403 : 20XX

# 格子の位相解析による変位測定方法 解 説

この解説は、規格に規定・記載した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、一般社団法人日本非破壊検査協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は、一般社団法人日本非破壊検査協会である。

## 1 制定の趣旨

現在、“サンプリングモアレ法”などの格子パターンの位相解析を用いた構造物の変位計測方法が多方面で使用され、インフラのような大型構造物の検査で用いられる場合も増えている。

構造物に取り付ける格子は、常設されて長期にわたって使い続けられる場合も多い。その格子の特性（格子のピッチなど）は、設置当初は把握されていても、年数の経過とともに分からなくなってくることが予想される。とくにインフラ構造物に常設で設置する格子の場合は、高所に設置することが多く、後になって現物を確認することは困難である。

そのため、測定に必要な情報の表示方法及び管理方法を規格化しておくことが望まれるためこの規格を制定することとした。

## 2 制定の経緯

日本非破壊検査協会応力・ひずみ測定部門において、“サンプリングモアレ法”などの格子の位相解析による構造物の変位計測方法における規格の策定の要望があった。これに対し、部門幹事会での十分な議論を経て、日本非破壊検査協会標準化委員会に格子パターンの位相解析による構造物の変位計測手法通則 NDIS 原案作成提案を行うことを決めた。その後、標準化委員会において“格子パターンの位相解析による構造物の変位計測手法通則（仮称）（NDIS 4403）”の NDIS 原案作成準備 WG の設置が承認された。本 WG において、5 回の WG 会議を開催することによって“格子の位相解析による構造物の変位測定手法通則（NDIS 4403）”の内容を詳細に審議し、原案作成の準備を行った。その後、標準化委員会に、原案作成委員会の設置の提案を行い、“格子の位相解析による構造物の変位測定手法通則（NDIS 4403）”の NDIS 原案作成委員会の設置が承認された。2 回の本委員会及び 1 回の分科会を開催することによって、“格子の位相解析による構造物の変位測定手法通則”の内容を詳細に審議し、原案を作成した。

## 3 審議中に特に問題となった事項

### 3.1 規格の方針と内容

格子の位相解析による構造物の変位測定方法について、規格にする内容についての検討を行った。方針として、測定方法としての今後の発展が可能となるように規格化する内容を最小限にとどめ、詳細については、必要に応じて今後追加することにした。この規格では、上記の制定の趣旨に沿って測定に必要な情報の表示方法及び管理方法を中心にとすることとした。

### 3.2 格子の測定対象物への取付け方法

格子の測定対象物への取付け方法についても含めるのかどうか検討したが、取付け方法については多くの方法があるため、この規格には含めないこととし、変位測定を行う対象物、測定目的、測定環境、使用期間などを考慮して、適切な格子の取付け位置を選択するというような表現にとどめた。

### 3.3 格子の位相解析による構造物の変位測定方法

格子の位相解析による構造物の変位測定方法は、変位だけでなく回転角などの測定にも適用可能だが、シンプルに作成するという方針に沿い、代表して“変位測定”だけとすることにした。詳細な説明は、規定本文には記載せず、附属書及び／又は解説に記載することとした。

### 3.4 格子の仕様の表示方法

当初は、構造物に取り付ける格子のすぐ近くに表示するという意見が出されていたが、管理者が適切に管理していれば問題はなく、コード化して表示する方法及び、具体的な仕様の内容はサーバー等に保管してそのアドレスだけを表示する方法などもあるため、格子の近くに表示することにはこだわらずに、必要な情報を管理者が適切に管理しておけばよいこととした。

表示又は管理する内容は、格子のピッチ、製作精度など、変位測定に必要な仕様及び施工日、施工業者など、管理に必要な情報である。表示しない場合は必要な情報を施設等管理者が管理する。今後、記載事項の詳細を検討しなければならない。

### 3.5 格子のピッチ

格子のピッチの意味について、多数本ある格子線の平均的なピッチか1本ずつのピッチなのか記載すべきであるという意見、ピッチの精度についてランクをつける必要があり、ピッチのばらつきについても記載する必要があるという意見、また、格子の素材が温度変化によって伸縮することについても記載する必要があるという意見がそれぞれ出された。この規格で想定している使い方では、格子のピッチの意味は平均的なピッチの意味であり、“格子のピッチは等間隔にすることが望ましい”という表現にとどめることとした。ピッチの精度についてランクをつけることについては、現段階では難しいため今回は見送ることとした。温度変化による伸縮については、状況に応じて異なるため、格子のピッチは製作時のピッチと考えることとした。

### 3.6 格子のピッチの精度

格子のピッチの精度の検査方法について記載が必要ではないかという意見が出されたが、必要となる項目だけにするという今回の規格化の方針に沿って、格子のピッチの精度の検査方法については含めないこととした。必要に応じて、今後の規格として積み上げていくこととした。

### 3.7 変位と変位分布について

当初は**附属書 A**の中に変位分布という言葉が出ていた。また本文中にも変位分布が使われていた。格子を用いて変位を計測する過程で位相分布、変位分布が出てくるのであるが、変位分布を求めると記載すると分布の意味を定義する必要があることと、格子のピッチの均一性についても言及する必要があるため複雑になる。

これについて議論をした結果、この規格においては、変位を一つの値として求めることと分布として求めることの違いについては重要ではないため、本文中と**附属書 A**の分布という言葉は削除して、単に変位

219 と記載することにした。この変位は変位分布も含んだ意味として用いている。

## 220 4 構成要素について

### 221 4.1 適用範囲（本体 1.）

222 この規格は、格子の位相解析による構造物の変位測定方法の一般事項について規定している。これは、  
223 この規格が格子の位相解析による構造物の変位測定方法を普及させること及び、年数の経過とともに取り  
224 付けた格子の仕様がわからなくなることを防ぐことが目的であり、通則として制定することを考慮したも  
225 のである。格子の位相解析による構造物の変位測定方法に共通な項目は本体で記述し、位相解析による変  
226 位測定方法を**附属書 A**に、格子の説明を**附属書 B**に、それぞれ参考として記載した。

## 227 5 懸案事項

228 本文 **4.2.1** の表示内容の項目では、表示又は管理する内容として、変位測定に必要な情報と記載してい  
229 る。測定に必要な情報として、格子の製作精度、施工日、施工者を含めてもよい、と例示はしているが、  
230 具体的な記載内容を示してはならず、実施者に任せることにしている。これについては、今後、必要性を  
231 検討して、記載事項の詳細を検討しなければならない。