

明 細 書

発明の名称：

計測ガイド装置、及び、それに用いるシミュレーション演算装置

技術分野

[0001] 本発明は、既に行われた測定の結果に基づいて次の測定対象を提案する計測ガイド装置に関する。

背景技術

[0002] 対象の精確な情報を得るため複数回の測定や調査を行うことは広く行われている。例えば国勢調査や社会経済調査では調査対象が広大であるため一人や一社の状況を調査するだけでは断片的な情報しか得られず、より規模の大きいサンプリングによって情報を集めることが必要となる。農地調査、漁場調査、交通調査、建造物の点検調査においても同様である。また材料の研究開発においても、材料試験によって材料の特性を測定する際に精度を上げる目的で同一試料に対する複数回の計測が行われている。しかし、調査および実験が長引くほど、調査員や実験者の作業量は増大し、その結果として必要となる時間や費用が大きくなるため、調査と実験の負担、費用を削減するような支援システムが求められている。

[0003] 例えば以下の特許文献1には、複数の測定条件の下で計測シミュレーションを行って仮想測定結果を取得し比較結果を表示するX線分析の操作ガイドシステムが開示されている。実験者はこの比較を基にして適切な測定条件を採用し計測を開始することができる。

[0004] また、特許文献2では、予め格納した画像データベースに基づいてエリア調査の推薦経路を調査員に指示するエリア調査支援システムが開示されている。調査者はこのシステムの指示に従って適切な調査エリアを巡ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 1 7 - 3 2 5 2 1 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 3 - 3 3 3 4 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 複数回の計測を実施する際は、得られる情報が最大化されるよう、既の実施した計測の結果に基づく判断によって次の測定点を選択することが望ましい。調査員や実験者がこれを経験に基づいて行うことがあるが、熟練者ではない者がこの方法で計測を調整することは困難である。また、分析の対象の種類、例えば材料開発における材料の種類に応じて効率的な計測手順は異なるため、過去の経験にない新しい対象に対応することはできない。さらに、長い計測プロセスの全体を人手で調整する場合には時間がかかり計測全体が遅延するため、何らかの自動化が必要となる。

[0007] 特許文献1のように、予め実験条件のシミュレーションを行うことによって実験開始時に測定条件を最適化するという方法も考えられる。しかしながら、実験中に測定条件を変えながら複数の測定を行う場合、特許文献1では事前にシミュレーションを行うだけであるので、既に得られた測定結果を反映させてそれ以降の測定条件を最適化するための方法について考慮されていない。

[0008] また、特許文献2のように、予め衛星・航空機等から調査対象地域全体の画像データを取得し、それらに基づいて調査経路を最適化するという方法も考えられる。しかしながら、調査対象に関する網羅的な予備実データが常に前もって入手可能とは限らない。

[0009] 本発明は上記に鑑みてなされたものであって、計測の熟練者でなくとも使用可能で、かつ分析対象の実データを事前に必要とせず、既に得られた計測の結果に基づいて次の計測の対象を選定することが可能な計測ガイド装置、及び、それに用いるシミュレーション演算装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、上記背景技術及び課題に鑑み、その一例を挙げるならば、得られた計測結果を基に次の測定点を提案する計測ガイド装置であって、シミュレーションで得られた仮想計測信号および計測手順を保存するデータベースと、計測装置で得られた計測結果に類似する仮想計測信号群およびその計測手順群をデータベースから抽出する類似検索部と、類似検索部で得られた計測手順群から1つ以上の計測手順を選んで次の測定点を定める次点提案部を有する。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、計測の熟練者でなくとも使用可能で、既に得られた計測の結果に基づいて次の計測の対象を選定することが可能な計測ガイド装置、及び、それに用いるシミュレーション演算装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例1における計測ガイド装置、シミュレーション演算装置、計測装置の機能構成を示す機能構成ブロック図である。

[図2]実施例1におけるシミュレーション演算装置の処理のフローチャートである。

[図3]実施例1におけるシミュレーション条件受付画面の一例である。

[図4]実施例1におけるシミュレーション演算装置の仮想計測対象生成部において、クラスタリング法を利用して仮想計測対象を選定する方法を説明する図である。

[図5]実施例1における仮想計測信号データベースのデータ構造の一例である。

[図6]実施例1における計測手順データベースのデータ構造の一例である。

[図7]実施例1における計測ガイド装置の処理のフローチャートである。

[図8]実施例1における表示部の表示画面の一例である。

[図9]実施例1における計測信号のデータ構造の一例である。

[図10]実施例1における類似検索部の処理のフローチャートである。

[図11]実施例1における類似検索部の出力のデータ構造の一例である。

[図12]実施例1における次点提案部の処理のフローチャートである。

[図13]実施例1における表示部の表示画面の一例である。

[図14]実施例1における表示部の表示画面の一例である。

[図15]実施例1における計測結果出力部の処理のフローチャートである。

[図16]実施例1における計測結果出力部の表示画面の一例である。

[図17]実施例2における計測ガイド装置の機能構成を示す機能構成ブロック図である。

[図18]実施例2における計測ガイド装置の処理のフローチャートである。

[図19]実施例2における計測信号入力部の表示画面の一例である。

[図20]実施例2における類似検索部の処理のフローチャートである。

[図21]実施例2における類似検索部からの出力のデータ構造の一例である。

[図22]実施例2における計測信号補間部の処理のフローチャートである。

[図23]実施例2における計測信号補間部の補間処理を説明する図である。

[図24]実施例2における計測対象状態推定部の処理のフローチャートである。

[図25]実施例2における計測対象状態推定部の出力のデータ構造の一例である。

[図26]実施例2における計測信号推定部の処理のフローチャートである。

[図27]実施例2における次点提案部の処理のフローチャートである。

[図28]実施例2における表示部がユーザに表示する画面の一例である。

[図29]実施例3における計測過程の説明図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

実施例 1

[0014] 図1は本実施例における計測ガイド装置、シミュレーション演算装置、計測装置の機能構成の一例を示す機能構成ブロック図である。

[0015] 図1において、計測ガイド装置101は、計測装置103から計測信号を受け取る計測信号受取部111、計測信号を蓄積するための計測信号保存部

１０８、シミュレーションで生成した仮想計測信号を保存する仮想計測信号データベース１１０、シミュレーションで求めた計測手順を保存する計測手順データベース１０９、計測信号と類似する仮想計測信号を検索する類似検索部１０７、計測信号と類似仮想計測信号に基づいて次の測定点を提案する次点提案部１０６、その提案をユーザに表示し計測を継続するか否かを選択させ計測装置に測定条件を出力する表示部１０５、計測結果の出力を行う計測結果出力部１０４を備えている。

[0016] なお、計測ガイド装置１０１は、ハードウェアとしては、一般的な情報処理装置である、プロセッサとメモリと記憶装置と通信部（インターフェース）を有する装置によって実現される。すなわち、計測信号受取部１１１は通信部によって計測信号を取得し、計測信号保存部１０８はメモリに計測信号を保存し、仮想計測信号データベース１１０、及び、計測手順データベース１０９は記憶装置にデータを保存する。また、類似検索部１０７、次点提案部１０６、及び、計測結果出力部１０４は、プロセッサにより、メモリに格納されたプログラムを実行するソフトウェア処理で実行される。また、表示部１０５は、一般的に用いられる操作部と表示部を兼用しており、例えばディスプレイ、キーボード、マウス等からなり、また、タッチパネルを有したディスプレイでもよい。

[0017] また、シミュレーション演算装置１０２は、仮想計測信号データベース１１０および計測手順データベース１０９に格納するデータを生成する装置である。シミュレーション演算装置１０２は、シミュレーションの条件をユーザに入力させる条件受付部１１３、シミュレーションによって仮想計測対象を生成する仮想計測対象生成部１１４、その仮想計測対象に対する望ましい計測手順を決定するための計測手順決定部１１２を備えている。なお、シミュレーション演算装置１０２は、ハードウェアとしては、同様に、一般的な情報処理装置である、プロセッサとメモリを有する装置によって実現され、ソフトウェア処理で実行される。

[0018] さらに、計測装置１０３は、計測を実施する計測部１１５、結果を計測ガ

イド装置 101 に出力する出力部 116 を備えている。

- [0019] 本実施例は中性子散乱実験を例に説明する。すなわち、中性子線を金属等の試料に照射し、散乱された中性子を検出器で検出することによって、試料内部の微細構造に関する情報（例えば散乱体の粒径分布関数）を得る。前記の計測信号にあたるものは検出される中性子の散乱強度である。一度の測定においては、散乱される中性子線のある波数の値に対する散乱強度の値が得られる。本実施例では中性子の散乱強度を得る実験によって試料の粒径分布関数を推定する問題を取り扱う。
- [0020] 図2は、本実施例におけるシミュレーション演算装置102の処理のフローチャートである。図2において、ステップS201では条件受付部113が設定パラメータの許容範囲等のシミュレーション実行条件をユーザから取得する。
- [0021] 図3にユーザ入力受付画面の例を示す。図3に示すように、ユーザは、種々のシミュレーション実行条件をキーボード等を用いて入力し、OKボタンを選択することで確定する。また、Cancelボタンにより、入力データを訂正できる。
- [0022] 図2に戻って、ステップS202では仮想計測対象生成部114が仮想的な試料群の粒径分布関数を確率的に生成する。この生成対象はランダムに選ぶことができる。
- [0023] 図4は、仮想計測対象生成部において、クラスタリング法を利用して仮想計測対象を選定する方法を説明する図である。図4に示すように、試料間の違いが大きくなるよう、ランダムに生成した試料の集合にクラスタリング手法を適用し、各クラスターから代表的な試料を選んでもよい。
- [0024] ステップS203では計測手順決定部112が前記仮想計測対象生成部114から仮想試料の粒径分布関数群を取得し、所定のアルゴリズムに従ってそれら一つ一つに対する計測手順を決定する。例えば、ある波数 q における一つの測定が完了したとして、その次に測定する波数 q の候補をランダムに、または所定の基準により複数生成し、表にする。次にその各点における散

乱強度 $I(q)$ を下記式 (1) に従って粒径分布関数 $p(r)$ から算出する。

[0025] [数1]

$$I(q) = C \int_0^{\infty} dr p(r) \left(\frac{\sin qr - qr \cos qr}{q^3} \right)^2 \quad \dots(1)$$

なお、式 (1) における C は既知の定数係数である。

[0026] そして、前の測定によって得られていた散乱強度の結果に新しく得られた散乱強度の値を付け加え、全体の結果を利用して非線形回帰法（例えば公知の間接フーリエ変換法）により $p(r)$ を推定する。この推定粒径分布関数と、シミュレーションで生成した真の粒径分布関数との誤差を定量化し、この量が最も小さくなるような q を次の測定点として選択することができる。これ以外の基準を用いて q を選択してもよい。例えば測定に要する時間が各 q に対して与えられている場合に、時間と誤差を重み付けして組み合わせた量を基準にして q を選択することもできる。言い換えれば、予め定められた測定精度を達成するために必要な測定回数、または測定時間、またはそれらの重み付き和を最小化する基準に従って計測手順を決定する。

[0027] ステップ S 204 では各仮想試料の散乱強度を仮想計測信号データベース 110 に出力し、各仮想試料の計測手順を計測手順データベース 109 に出力する。

[0028] 図 5 は、仮想計測信号データベース 110 に出力されるデータの形式を示す。図 5 に示すように、このデータは仮想計測対象 ID 501、波数 502、散乱強度 503 の情報を含む。

[0029] 図 6 は計測手順データベース 109 に出力されるデータの構造である。図 6 に示すように、このデータは仮想計測対象 ID 601 および、散乱強度の測定を行う順に並んだ波数の情報 602 を含む。

[0030] 図 7 は本実施例における計測ガイド装置 101 の処理について説明するフローチャートである。図 7 において、まずステップ S 701 では、表示部 105 においてユーザに計測開始時の測定点を入力させる。

- [0031] 図8は表示部105の表示画面の一例である。図8においては、例えば、ユーザは、波数の測定点としてキーボード等を用いて入力し、「はい」のボタンを選択することで測定点を確定する。また、「いいえ」ボタンにより、入力データを訂正、または、実行を停止できる。
- [0032] ステップS702では計測装置103が、表示部105で入力された測定点に基づいて中性子散乱実験を実施し、散乱強度を取得する。次のステップS703では計測信号受取部111が計測装置103の出力部116から散乱強度の情報を取得する。
- [0033] 図9は計測信号のデータ構造の一例である。図9に示す通り、このとき取得するデータ構造は測定を実施した波数の情報901と散乱強度の情報902を含んでいる。
- [0034] ステップS704では計測信号保存部108が新しい散乱強度の情報を前の散乱強度の情報に追加して保存する。このとき保存されるデータの構造は、図9と同様のデータ構造であり、複数のデータが保存される。
- [0035] 図10はステップS705で行われる類似検索部107の処理のフローチャートである。図10において、まずステップS1101で、類似検索部107が計測信号保存部108から全散乱強度の情報を取得し、ステップS1102で、これと類似する散乱強度の情報を仮想計測信号データベース110において検索し、ステップS1103で、結果を仮想計測対象類似表として次点提案部106に出力する。類似する散乱強度を検索する際、類似性の基準としては例えば下記式(2)のようにユークリッド距離の逆数を用いて定義する方法がある。もしくは正の重み w および正の定数 p を導入した下記式(3)のように、一般化・改変された類似度を採用することもできる。

[0036] [数2]

$$\text{類似度} = \left(\sum_{k=1}^N |I_n(q_k) - I(q_k)|^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \quad \dots(2)$$

[0037]

[数3]

$$\text{類似度} = \left(\sum_{k=1}^N \frac{|I_n(q_k) - I(q_k)|^p}{w(q_k)} \right)^{-1} \quad \dots (3)$$

[0038] こうした類似度の定義を用いると仮想計測信号データベース110に保存された各々の散乱強度に対して類似度を算出し、その類似度の大きい順に並べることができる。

[0039] 図11は類似検索部107の出力のデータ構造の一例である。図11に示す通り、類似検索部107から出力されるデータは類似度順位1201、類似度1202、仮想計測対象ID1203の情報から成る。

[0040] 図12はステップS706で行われる次点提案部106の処理のフローチャートである。図12において、まず、ステップS1301で、次点提案部106が計測信号保存部108から全散乱強度を取得し、類似検索部107からは仮想計測対象類似表を取得する。次にステップS1302で、次点提案部106は仮想計測対象類似表の類似度上位の仮想計測対象IDに紐づけられた計測手順を計測手順データベース109から読み出す。ステップS1303で、次点提案部106は、この計測手順に含まれる測定点qから1点を選択し、ステップS1304で、次の測定点として表示部105に出力する。このように類似度を基準にしてデータベースの読み出しを行うことにより、たとえ現在の計測対象と正確に一致する事例がデータベース内には存在しなかったとしても、類似度の比較的高い事例における効率的な計測手順を参考にすることによって、現在の計測対象に対する準最適な計測手順を構成することが可能になると期待できる。

[0041] なおqを選択するとき、例えば複数の計測手順から確率的な方法で1つの手順を選択し、その中に含まれる波数のうち全散乱強度にまだ含まれていない（まだ測定されていない）ものを選ぶという方法がある。また、既に測定されたqと一致はしないが近接しているqを選択しないという判断をすることも可能である。また、表示部105に次の測定点を出力する際、複数のq

を出力してもよい。

[0042] ステップS 7 0 7では表示部1 0 5が次点提案部1 0 6から取得した次の測定点をユーザに表示し、この測定点を次に計測するか否かをユーザに選択させる。前記の図8にこのユーザ表示画面の一例が示されている。なお図8では次の測定点を1点のみ提案しているが、図1 3のように、複数の候補点を表示してその中から次の測定点をユーザに選択させてもよい。また、図1 4のように、複数の測定点を提案してそれら全ての計測を実行するか否かをユーザに選択させてもよい。ユーザが表示画面で計測の実行を選択した場合、ステップS 7 0 8で、指定された測定点で次の計測を行う命令が計測装置1 0 3の計測部1 1 5に送信される。また、ユーザが計測を実行しない選択をした場合、ステップ7 0 9で、計測は終了し、計測結果出力部1 0 4で終了処理が行われる。

[0043] 図1 5は計測結果出力部1 0 4で行われる処理の概要のフローチャートである。図1 5において、ステップS 1 6 1では、計測結果出力部1 0 4が計測信号保存部1 0 8から散乱強度を取得する。ステップS 1 6 2では、散乱強度を基にして、公知の間接フーリエ変換法を含む一般的な非線形回帰法により、粒径分布関数を推定する。ステップS 1 6 3では、粒径分布関数を表示部1 0 5に出力し終了する。

[0044] 図1 6は計測結果出力部1 0 4から出力される計測結果の表示部1 0 5でユーザに表示される画面の一例である。図1 6においては、粒径に対する分布関数が表示され、「保存」ボタンを選択することで計測結果を保存できる。また、「終了」ボタンにより表示を終了できる。

[0045] なお、本実施例では次の測定点を計測ガイド装置から計測装置へ直接出力する形式であったが、計測ガイド装置がユーザに次の測定点を提案し、ユーザが人手で計測装置へ次の測定点を入力して次の計測を行うという形式であってもよい。

[0046] また、本実施例では最初の測定点をユーザが指定し、2点目以降の測定点を計測ガイド装置の提案に従って決定する形式であったが、これに限らず、

最初の複数の測定点をユーザが指定し、残りの測定点を計測ガイド装置が決定するという形式であってもよい。

[0047] さらに、本実施例では計測実験の終了時点をユーザが決定するという形式であったが、これに限らず、あらかじめ指定した終了条件が満たされるまでは自動で計測ガイド装置が計測装置に測定点の指示を送り続け、終了条件が満たされた時点で自動的に計測を終了するという形式であってもよい。終了条件は、例えば計測回数が一定の閾値に達する事である。その他の終了条件を設定することも可能である。

[0048] 以上のように、本実施例によれば、計測の熟練者ではなく、計測対象の事前情報が無い場合にも、測定済みのデータを入力するだけで効果的な次の測定点を迅速に選択することができ、計測実験の効率が向上する。なお、本実施例においては事前準備として多くのシミュレーションが必要であるが、データベース構築は一度行えば後で計算し直す必要はないので、多くの計測対象に対して計測実験を繰り返し行う場合において本実施例のもたらす効果は顕著となる。

実施例 2

[0049] 実施例 1 では、数多くの計測手順を予めシミュレーションによって準備しておき、計測中にそれらを読み出すことによって目的の計測対象に対する計測手順を構成する。これに対して、本実施例では、事前に計測手順のシミュレーションを実施せず、計測信号のデータベースのみ準備すればよい例について説明する。

[0050] 本実施例の特徴は、計測中は、新たな測定データが取得される度に未測定点に対する計測信号の予測を行い、これをデータベースに保存された計測信号から類推される計測信号と比較することによって次の測定点を決定する点である。

[0051] なお、本実施例は、実施例 1 と同様に、中性子散乱実験によって得た中性子の散乱強度の情報から試料の散乱体の粒径分布関数の推定を行う場合について説明する。したがって計測信号にあたるものは検出される中性子の散乱

強度であり、各々の測定点を特徴づける量は中性子線の波数である。

[0052] 図17は、本実施例における計測ガイド装置の機能構成を示す機能構成ブロック図である。図17において、計測ガイド装置1601は、計測信号入力部1605、計測信号保存部1604、計測対象状態推定部1603、計測信号推定部1602、類似検索部1608、計測信号補間部1607、次点提案部1606、表示部1609、計測信号データベース1610を具えている。なお、計測ガイド装置1601は、ハードウェアとしては、実施例1と同様に、一般的な情報処理装置によって実現される。また、計測信号入力部1605は、一般的に用いられる操作部であり、例えばキーボード、マウス等からなり、または、タッチパネルを有したディスプレイでもよい。また、表示部1609は、一般的に用いられるディスプレイで構成され、タッチパネルを有したディスプレイとして計測信号入力部1605と一体としてもよい。

[0053] 図18は計測ガイド装置1601が行う処理のフローチャートである。図18において、まずステップS1701において、計測信号入力部1605がユーザから散乱強度を取得する。

[0054] 図19は計測信号入力部1605の表示画面の一例である。図19に示すように、ユーザは波数と計測によって取得した散乱強度の値をここで入力する。OKボタンを選択することで入力データを確定する。また、Cancelボタンにより、入力データを訂正できる。また、このとき取得するデータ構造は図9と同様である。

[0055] 次に、ステップS1702で、計測信号保存部1604が計測信号入力部1605から散乱強度を取得し、これまでにユーザが入力した全散乱強度と併せて保存する。このとき保存されるデータの構造は、図9と同様のデータ構造であり、複数のデータが保存される。

[0056] 図20にステップS1703で行われる類似検索部1608の処理のフローチャートを示す。図20のステップS1901で、類似検索部1608は計測信号保存部1604から散乱強度を取得する。ステップS1902では

、類似検索部 1608 が前記取得した散乱強度に類似する散乱強度を計測信号データベース 1610 内で検索し、入力された散乱強度との類似度を算出する。なお計測信号データベース 1610 のデータ構造は前記の図 5 と同様である。ステップ S 1903 では、類似検索部 1608 が各散乱強度を類似度の高い順に並べ替えて計測信号補間部 1607 に出力する。

[0057] 図 21 は類似検索部からの出力のデータ構造の一例である。図 21 に示すように、類似度順位 2001、類似度 2002、仮想計測対象 ID 2003、波数 2004、散乱強度 2005 の情報を含む。類似度の計算においては、実施例 1 と同様に、式 (2) や式 (3) に示された類似度の定義を用いることができる。これら以外の定義を用いることも可能である。また、予め定められた線形または非線形の変換を散乱強度に施してから類似度の計算を行ってもよい。

[0058] 図 22 はステップ S 1704 で行われる計測信号補間部 1607 の処理のフローチャートである。図 22 において、ステップ S 2101 では計測信号補間部 1607 が類似検索部 1608 から類似散乱強度の情報を取得し、計測信号保存部 1604 から測定済み散乱強度を取得する。ステップ S 2102 では類似散乱強度の情報および測定済み散乱強度の情報に基づいて、未計測の波数における散乱強度を、K 最近傍法等の機械学習を含む非線形回帰法により予測し、散乱強度の補間を行う。

[0059] 図 23 は、計測信号補間部 1607 の補間処理を説明する図である。図 23 において、黒丸で表された点は測定済みの散乱強度である。この測定済みの値から、その間を補間処理により点線のように補間する。

[0060] ステップ S 2103 では計測信号補間部 1607 が、補間した散乱強度の情報を次点提案部 1606 に出力する。この出力データの構造は、図 9 と同様のデータ構造であり、複数のデータで構成される。

[0061] 図 24 はステップ S 1705 で計測対象状態推定部 1603 が実行する処理のフローチャートである。図 24 において、まずステップ S 2401 では計測対象状態推定部 1603 が計測信号保存部 1604 から測定済みの散乱

強度のデータを取得する。このとき取得するデータの構造は図9と同様であり、複数のデータで構成される。続くステップS2402で、計測対象状態推定部1603は公知の間接フーリエ変換等の方法を用いてこの散乱強度から試料内部の状態、すなわち粒径分布関数を推定する。ステップS2403では、計測対象状態推定部1603が計測信号推定部1602に粒径分布関数の推定値を出力する。

[0062] 図25は、計測対象状態推定部1603の出力のデータ構造の一例である。図25に示すように、散乱体の半径2501と粒径分布関数の値2502から成る。

[0063] 図26はステップS1706において計測信号推定部1602が行う処理のフローチャートである。図26のステップS2601において計測信号推定部1602が計測対象状態推定部1603から粒径分布関数の推定値を取得する。ステップS2602では計測信号推定部1602が式(1)に則って粒径分布関数から散乱強度を算出する。ステップS2603では、こうして算出された推定散乱強度を計測信号推定部1602が次点提案部1606に出力する。このとき出力されるデータの構造は図25と同様である。

[0064] 図27はステップS1707において次点提案部1606が行う処理のフローチャートである。図27において、ステップS2701では計測信号推定部1602が計測信号補間部1607から補間された散乱強度の情報を取得し、計測信号推定部1602から推定された散乱強度の情報を取得し、計測信号保存部1604から測定済みの散乱強度の情報を取得する。ステップS2702では、計測信号推定部1602が補完された散乱強度と推定された散乱強度の比較に基づいて次の測定点を選択する。この比較のプロセスにおいて、例えばこれら2つの散乱強度の差をとり、その絶対値が大きい点を次の測定点に選択することができる。これら2つの散乱強度それぞれに非線形の変換を施してからその差をとってもよい。また、既に測定済みの波数と一致または近接する点を避けて次の測定点を選択してもよい。ステップS2703では計測信号推定部1602が次の測定点の値を表示部1609に出

力する。

- [0065] こうして二通りの方法で予測した散乱強度を比較し、その差異に基づき、現時点の推定粒径分布関数に基づく散乱強度がどの波数において信頼性が低いかを判断することができ、これによって、推定粒径分布関数を修正する効果が大きいと期待される測定点を推定することが可能になる。
- [0066] ステップS 1 7 0 8では、表示部1 6 0 9が次の測定点をユーザに表示する。図2 8は表示部1 6 0 9がユーザに表示する画面の一例である。図2 8では次の測定点を一点提案する方式を示しているが、図1 3や図1 4に示したように表示部1 6 0 9が予め指定された二点以上の個数の測定点をユーザに提案する方式でもよい。この表示部1 6 0 9の提案に基づいてユーザは次の計測を実行し、得られた散乱強度の情報を再び計測ガイド装置1 6 0 1の計測信号入力部1 6 0 5へ入力する。こうしてステップS 1 7 0 1～S 1 7 0 8をユーザが任意の回数繰り返すことで計測実験を行うことができる。ただし、このように計測ガイド装置1 6 0 1の提案に従って測定点を決定するのみでなく、別の方法によってユーザが決めた測定点の計測を途中で実施しても差し支えない。
- [0067] また、本実施例では計測結果の情報をユーザが計測ガイド装置1 6 0 1に入力し、計測ガイド装置1 6 0 1が出力する次の測定点をユーザが計測装置に入力するという方式であるが、これを変更して実施例1のように計測ガイド装置1 6 0 1が計測装置に直接次の測定点を出力するという方式にしてもよい。
- [0068] また、計測対象状態推定部1 6 0 3が推定した粒径分布関数を図1 6のように表示部1 6 0 9でユーザに表示する機能を追加してもよい。
- [0069] また、計測信号データベース1 6 1 0に保存されるデータは実地調査や実際の測定実験により得られたデータであってもよく、シミュレーションによって生成した仮想データであってもよい。またそれらを組み合わせたものであってもよい。
- [0070] 以上のように、本実施例によれば、計測者が計測の非熟練者でない場合で

あってもリアルタイムで計測中に効果的な測定点を選択することができ、計測プロセスの効率化が可能となる。また、実施例 1 と比較して、本実施例では計測手順シミュレーションが事前に必要なく、計測信号のデータベースを準備するだけでよいため迅速に計測を開始することができる。

実施例 3

[0071] 実施例 2 では中性子散乱実験における試料の解析を対象として説明したが、実施例 2 の方式の適用先はこれに限られるものではない。本実施例では、物体表面の形状計測に対する適用例について説明する。

[0072] 図 29 は本実施例における計測過程の説明図である。図 29 に示すように、計測過程では、斜線で表現された物体の表面を等間隔 D で繰り返し計測（スキャン）する。このスキャンの具体的主体は、試料表面のミクロな構造を観察する電子顕微鏡であってもよく、地上の地形を計測する人工衛星であってもよく、海底の形状を探索する船舶であってもよく、その他のいかなる計測手段であってもよい。なお計測の間隔を特徴づける量 D は長さでなく時間であってもよいが、以下では長さの場合について説明する。

[0073] D が小さいほど精確な情報が得られるが、計測回数が増えることによる時間・費用等のデメリットが生じるため、小さすぎる D は好ましくない。 D を固定して 1 回のスキャンを行い、次に別の D で新たなスキャンを行い、このスキャンを計測者が所望する任意の回数繰り返すことで物体表面の形状を高い精度で推定したい場合、どのように各スキャンの D を選択すればよいかという課題が生ずる。この課題を解決するために前記の実施例 2 を適用することができる。中性子散乱実験において測定点を特徴づける量は波数であったが、物体形状のスキャンにおいて測定点を与えるのは隣り合う測定間の距離 D である。また中性子散乱実験において一回の計測から得られる計測信号は散乱強度であったが、物体形状の一回のスキャンにおける計測信号は等間隔で測定された各点の高さの情報である。また中性子散乱実験において計測対象状態とは粒径分布関数であったが、物体形状のスキャンにおいては計測対象状態とは物体形状である。図 17 ～図 28 は上記の概念対応関係の下で適

用可能となる。

[0074] 以上の実施例について説明したが、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を具えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

[0075] 101：計測ガイド装置、102：シミュレーション演算装置、103：計測装置、106：次点提案部、107：類似検索部、109：計測手順データベース、110：仮想計測信号データベース、1601：計測ガイド装置、1602：計測信号推定部、1603：計測対象状態推定部、1606：次点提案部、1607：計測信号補間部、1608：類似検索部、1610：計測信号データベース