

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6479706号  
(P6479706)

(45) 発行日 平成31年3月6日(2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日(2019.2.15)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 1 B 21/08 (2006.01)

G O 1 B 21/08

1 O 1

G O 1 B 11/06 (2006.01)

G O 1 B 11/06

1 O 1 H

D 2 1 F 7/06 (2006.01)

D 2 1 F 7/06

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号

特願2016-78675 (P2016-78675)

(22) 出願日

平成28年4月11日(2016.4.11)

(65) 公開番号

特開2017-190950 (P2017-190950A)

(43) 公開日

平成29年10月19日(2017.10.19)

審査請求日

平成30年3月22日(2018.3.22)

(73) 特許権者 516107837

株式会社 P S M I n t e r n a t i o n a l

東京都板橋区志村二丁目16番33号

(74) 代理人 100107825

弁理士 細見 吉生

(72) 発明者 設楽 久敬

東京都板橋区志村二丁目16番33-21  
3号

審査官 河内 悠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】長尺シート材の厚み計測方法および厚み計測システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

リールドラムを押し付けられながらリールスプールに巻き取られる長尺シート材につき、その厚みを計測する厚み計測方法であって、

上記リールドラムの位置が固定され、それに対して上記リールスプールがロール径の増加に伴い流れ方向に移動可能になっていて、

上記長尺シート材が形成する巻取ロールのロール径の増加量として、上記リールスプールの回転中の軸の端面をカメラで撮像し、当該カメラで撮像された画像をもとに画像処理を行い、リールスプールの回転中の当該軸の中心位置を求めたうえ、その中心位置の流れ方向移動量を計測するとともに、

上記リールスプールの回転数を計測し、

計測したロール径の増加量と回転数とを用いた演算により上記長尺シート材の厚みを求める

ことを特徴とする長尺シート材の厚み計測方法。

## 【請求項 2】

上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を、上記巻取ロールの表面に照射するとともに、

上記巻取ロールの表面に照射された線状レーザー光をその照射方向とは異なる角度から撮像し、

撮像された線状レーザー光の画像をもとに画像処理を行い、巻取ロールの幅方向ロール

10

20

径の増加量を計測し、その量を幅方向ロール径の増加量とし、  
計測した幅方向ロール径増加量と上記回転数とを用いた演算により上記長尺シート材の  
プロファイルをも求める

ことを特徴とする請求項1に記載した長尺シート材の厚み計測方法。

【請求項3】

リールドラムを押し付けられながらリールスプールに巻き取られる長尺シート材につき、  
 その厚みを計測する厚み計測システムであって、

上記長尺シート材が形成する巻取ロールのロール径の増加量を非接触で計測するロール  
 径計測装置と、

上記リールスプールの回転数を計測する回転数計測装置と、

上記ロール径計測装置が計測したロール径の増加量と上記回転数計測装置が計測した回  
 転数とを用いた演算を行う計測制御装置

とを有するとともに、

上記リールドラムの位置が固定され、それに対して上記リールスプールがロール径の増  
 加に伴い流れ方向に移動可能になっていて、

上記ロール径計測装置が、上記リールスプールの端面の流れ方向における移動量を計測  
 する流れ方向移動量計測装置であり、

上記の流れ方向移動量計測装置が、上記リールスプールの回転中の軸の端面を撮像する  
 流れ方向用カメラと、その流れ方向用カメラで撮像された画像をもとにリールスプールの  
 回転中の当該軸の中心位置を求めたうえ、その中心位置の流れ方向移動量を計測する流れ  
 方向用画像処理装置とを有する

ことを特徴とする長尺シート材の厚み計測システム。

【請求項4】

上記ロール径計測装置が、上記の流れ方向移動量計測装置に加えて、

上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を上記巻取ロールの表面に照射す  
 るよう配置された線状レーザー光源と、その線状レーザー光源から巻取ロールの表面に照  
 射された線状レーザー光をその照射方向とは異なる角度から撮像する幅方向用カメラと、  
 その幅方向用カメラが撮像した線状レーザー光の画像をもとに巻取ロールの幅方向ロール  
 径の増加量を計測する幅方向用画像処理装置とを有する幅方向ロール径計測装置を有する

ことを特徴とする請求項3に記載した長尺シート材の厚み計測システム。

【請求項5】

上記流れ方向移動量計測装置と上記幅方向ロール径計測装置とを同期させて移動させる駆  
 動装置をさらに有する

ことを特徴とする請求項4に記載した長尺シート材の厚み計測システム。

【請求項6】

上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を、ある時点で上記巻取ロールの表  
 面に照射するとともに、上記巻取ロールの表面に照射された線状レーザー光をその照射方  
 向とは異なる角度から撮像し、撮像された線状レーザー光の画像をもとに、巻取ロールの  
 幅方向ロール径を基準値として計測したのち、

時間経過後に、再び上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を上記巻取ロ  
 リーの表面に照射するとともに、上記巻取ロールの表面に照射された線状レーザー光をそ  
 の照射方向とは異なる角度から撮像し、撮像された線状レーザー光の画像をもとに、巻取  
 ロールの幅方向ロール径の上記基準値からの増加量を巻取ロールの幅全体にわたって同  
 時に求め、

その経過時間内における上記リールスプールの回転数を計測し、

計測した幅方向ロール径の増加量と回転数とを用いた演算により上記経過時間内におけ  
 る上記長尺シート材のプロファイルを求める

ことを特徴とする請求項2に記載した長尺シート材の厚み計測方法。

【請求項7】

上記した回転中の軸の中心位置を求めるために、軸の端面に設けたセンターマークを、当

10

20

30

40

50

該軸の回転中に多数回撮像し、その撮像により得られた当該センターマークの複数の画像の重心を画像処理により求める

ことを特徴とする請求項1に記載した長尺シート材の厚み計測方法。

**【請求項8】**

上記流れ方向用カメラが、上記リールスプールの軸の端面に設けられたセンターマークを、当該軸の回転中に多数回撮像することと、上記流れ方向用画像処理装置が、その撮像により得られた当該センターマークの複数の画像の重心を求めることにより、上記軸の中心位置を求ること

とを特徴とする請求項3に記載した長尺シート材の厚み計測システム。

**【発明の詳細な説明】**

10

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、抄紙機などで製造される紙ウェブ（巻取り紙）やプラスチックフィルムなど長尺シート材の厚みを計測する方法およびシステムに関するものである。

**【背景技術】**

**【0002】**

紙の幅が1mから10m、製造速度が毎分数mから2000mにもなる様々な銘柄の紙を製造する抄紙機の品質パラメータ計測制御装置は、ほとんど全てがスキャナーと呼ばれる装置に搭載されたセンサヘッドに収納され、紙の重さ（坪量）、水分、厚み（キャリパー）、灰分などを計測する。図14の一般的な抄紙機や特許文献1に記載の抄紙機のように、計測制御装置はリールドラムやリールスプールで構成される巻取装置の直前におかれ、製造の管理基準として使われている。プロセスによっては紙の表面に塗工する前にもスキャニングセンサを装備することもある。これらの紙の品質パラメータは制御が可能であり坪量・水分・灰分は流れ方向（紙の幅と直交する方向）制御がなされ、坪量・水分・厚みは幅方向プロファイル（紙の幅方向に沿った凹凸または平らさ）制御がなされる。図15は、センサヘッドが抄紙機で高速に製造される紙の上をスキャンしてサンプリング計測する様子を示す。

20

**【0003】**

抄紙機で生成された紙ウェブなどの長尺材は、リールスプールに巻き取られる直前に最終厚みが計測される。使用される紙の銘柄としては新聞紙・上質紙・塗工紙・中質紙などであり、計測方法には磁気抵抗法・レーザー三角法・共焦点光学法などの厚み/距離変換測定法によるものが開発され、スキャナーと呼ばれるシート上を幅方向に移動させる装置にこれらセンサヘッドを載せて計測する手法が一般的である。

30

**【0004】**

このスキャニングによるサンプリング法では、紙の地合いと称される数ミリサイズの紙の構成変動要素や幅方向にランダムに発生する洗浄不良や蛇行収縮などによる品質パラメータの変動、及び高速で回転する抄紙機の用具即ち、ワイヤー、プレスロール、フェルト、カンヴァスなど数mから数十mで回転する用具の不良（外乱）による品質パラメータの変動はノイズとして計測され、フィルタリングと言う計測値を鈍らせる手法にてこれらが除かれた上で計測代表値を算出する。その加工されたデータで全幅の平均測定値や幅方向のプロファイルが表され、制御の目標値との差が計算され、アクチュエータと呼ばれる装置を使い品質パラメータが制御・是正される。

40

**【0005】**

これらの制御は、アクチュエータと呼ばれるマシンとは別に用意された機器により行われる。一般に流れ方向の制御は種口弁制御で投入ファイバーの濃度を調節し、水分はドライヤーの蒸気圧力制御で乾燥状態を制御する。幅方向については、坪量は希釀水でヘッドボックスから吐出されるときの濃度を調整し、水分は加水又は加湿及びスチームによる加熱乾燥・赤外線による乾燥などにより、厚み（キャリパー）はキャレンダーのロールを加熱又は冷却してロール径を変化させキャレンダーでの圧力を変化させることで目標値に向けて制御される。

50

## 【0006】

また、抄紙機において巻取装置のリールスプールの交換は重要な仕事であるが、これを枠替えと言い、紙が一定の長さに達した時に次のリールスプールに紙が巻き取られるようにオペレータが紙をカットする。枠替えのタイミングは、リールスプールが移動するレール上の枠替え目標マーク（たとえば図1の符号30）に、リールスプールを支持するセカンダリーアームの縁部が重なる時と言うように目視で行われているのが一般的である。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0007】

【特許文献1】特開2004-277899号公報

10

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

しかしながら、上記した図14や特許文献1に記載の抄紙機では、これらの計測値は高速で走る紙を走査して斜め横断して計測する為に、幅方向成分と流れ方向成分の両方を含む計測値となり、その成分を分けるために計測値に重いフィルターが掛けられている。それゆえオペレータが品質パラメータの制御のためにマシンの調整をしたときに、十数分待たなければ結果が見られないと言う大きな欠点がある。図16は、紙製造プロセスにおける品質パラメータの計測にフィルタリングを行った場合のステップ応答がどのように表れるかをムービングアベレージ法とイクポーネンシャルフィルター法で表したものである。

20

## 【0009】

また、巻き取られた製品（紙）は厚いものから薄いものまで長さ数千メートルから数万メートルまであり、通常は1時間前後で1本が生産される。この時、各巻取ロールの品質パラメータの計測平均値を比べれば比較的少ない誤差範囲に入っており一見良好な計測制御がなされているように思われるが、一本の巻取ロール数万メートルの中では通常で±1%から数%の変動が含まれており、実際にユーザーが使用する例えばコピー用紙レベル（枚葉と言う）の小さい単位で見れば良い制御結果であるとは言い難い。結果として印刷機やコピーマシンで紙詰まりや紙切れを起こすことになる。

## 【0010】

さらに、現状では紙の品質計測制御にはQCS (Quality Control System) と言われるシステムが通常使用されるが、基本パラメータである坪量 ( $g/m^2$ ) にはKr85、Pm147などの放射線源が必要であり、それを使用する許可と放射線管理者が必要になる。実際 線坪量測定方式は、空気の重量にも影響を受けるために様々な補正が必要となり、精度を保つためのメンテナンスも多大な負荷である。従って、中小企業の小さな抄紙機では未だにそのような計測制御はなされていないことも現状である。また、ごく薄いティッシュペーパーや逆に厚い板紙では、これら 線源の補正の限界や水分量の把握の難しさから状態監視に目的が移り、絶対値計測制御と言うにはほど遠い状態である。

30

## 【0011】

このほか、古紙を多用する板紙は、センサへのピッチ（油成分）付着、ティッシュペーパーなどの薄物では紙切れの理由で厚みセンサが使用できないものがある。この重要な厚みと言う品質パラメータでもティッシュペーパーや板紙は対象外となっており、生産された品質のバラツキは大きいと言える。

40

## 【0012】

上記のように現在使われている計測方法は、全てスキャナー搭載のセンサの逐次サンプリング計測であり、この方法ではウェブの流れ方向変動及び幅方向変動要素が測定値に含まれる。又、1ミリ秒の計測時間と言う短い間にあっても、例えばウェブを横断するのに6m幅の抄紙機では20 - 30秒掛かり、分速1000mを超える抄紙機ではウェブの0.2%以下しか計測をしていない。

## 【0013】

上記した外乱を鈍らせるためのフィルタリングにより、例えばステップ応答に対しイク

50

スポーんシャルフィルターを通常使用する抑制値0.2とすると、98%応答には10スキャン、90%応答には6スキャン、63%応答には3スキャンを要する。これはマシンディレイと合わせると数分になり可制御性はその2倍以上であるから十数分かかることになり、外乱の大きい抄紙機などでは抑制ファクターをきつくする為に数十分にもなる。その為に、短周期の外乱すなわち抄紙機用具による変動は、フィルターされてオペレータには見えなくなり、結果的にはかなり長周期の巻取レベルでの平均値が目標値にあれば良いと言う事になる。

#### 【0014】

この事は、計測値の誤差がどこから生じているかを判定せずに、外部機器で強制的に紙に負荷を与える仕上がりの辻褄だけを合わせることになっており、ある時は他のセンサへの外乱となりフィードバック制御の理論上悪影響を与えている。この事は現状の計測技術上致し方なく、おそらく誤差の原因が抄紙機用具の不良、つまり洗浄の不具合や巻取ロールの偏芯、偏りなどから来るとしてもフィルターされてその高速な計測が不可能な故に起こるのである。10

#### 【0015】

枠替えのカットのタイミングは、製造している銘柄毎に巻取ロールの半径（直径）で決められており、実際の正確な長さで枠替えをしている抄紙機はごく少ない。通常見ている長さ計では計測しているロールと紙との間でスリップが起きており、この値が0.3%~0.5%ほどになり、総長では50000m抄紙機で150m~250mになる。仮に紙の厚みが200μとすれば1mmの誤差は長さ50mの誤差になる。上述した品質のバラツキに加えてこの長さの余剰分は現在の方法では解決ができない。20

#### 【0016】

本発明は上記したスキヤニング型逐次サンプリングをしないで、流れ方向成分と幅方向成分とを分離して紙の厚み（キャリパーと言う）を計測し、従来の放射線を使用した坪量計を必要としない、非スキャン、非フィルタリング方式で、小さな抄紙機にも適用が可能であり経済効果の高い長尺材の厚み計測方法および厚み計測システム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】

#### 【0017】

本発明に係る長尺シート材の厚み計測方法(1)は、リールドラムを押し付けられながらリールスプールに巻き取られる長尺シート材につき、その厚みを計測する厚み計測方法であって、30

上記長尺シート材が形成する巻取ロールのロール径の増加量を非接触で計測とともに、

上記リールスプールの回転数を計測し、

計測したロール径の増加量と回転数とを用いた演算により上記長尺シート材の厚みを求める

ことを特徴とする。

#### 【0018】

長尺シート材がリールスプールに巻き取られるにつれて巻取ロールのロール径（半径）は増加する。一定の時間内におけるロール径の増加量を、同じ時間内におけるリールスプールの回転数で除することで、その時間内に巻取ロールに巻き取られた長尺シート材の平均化された厚みを求めることができる。非接触の（たとえばカメラで撮像した画像をもとにした）計測なので、長尺シート材に疵等を与えることがない。従来の非接触型厚み計測導入が困難なプロセスでの厚み計測を、放射線を使用した重量計測で代用する必要がない。したがって小さな抄紙機にも適用が可能でありかつ経済効果の高い新発想の計測方法といえる。40

長尺シート材はリールドラムを押し付けられながら巻き取られているため、得られた厚みはTAPPI規格50KPaの圧力下での測定方式のコンセプトを継承でき、長尺シート材のより正確な厚みを計測し得る。50

また、リールスプール径からの一定時間内におけるロール径の増加量と同じ時間内におけるリールスプールの回転数とを用いて巻取ロールの1回転ごとの周囲長を演算により求め、周囲長と回転数とから巻き取られた長尺シート材の総長を計測することもできる。従来自視に頼っていた枠替えのタイミングの精度を上げることにつながり、シート材のロスを削減できて多大な経済効果がある。

#### 【0019】

本発明に係る長尺シート材の厚み計測方法(2)は、上記リールドラムの位置が固定され、それに対して上記リールスプールがロール径の増加に伴い流れ方向に移動可能になっていて、

上記ロール径の増加量として上記リールスプールの端面の流れ方向における移動量を計測することが好ましい。 10

#### 【0020】

ここで流れ方向とは、長尺シート材が巻き取られる方向（後述の幅方向と直交する方向）をいう。

長尺シート材がリールスプールに巻き取られて巻取ロールのロール径が増加するにつれて、リールスプールの位置はリールドラムからその半径方向に離れる方向、すなわち流れ方向に移動する。したがって、リールスプールの端面の位置が一定の時間内に流れ方向に移動した量を計測すれば、その時間内のロール径の増加量を計測したことになる。リールスプールの端面の移動量すなわちロール径の増加量と、同じ時間内におけるリールスプールの回転数とから、その時間内に巻き取られた長尺シート材の平均化された厚みが求められる。 20

厚みの計測をリールスプール（または巻取ロール）の端面側から行い得るので、長尺シート材は流れ方向への移動を妨げられることなくスムーズに下流の工程に移ることができる。

#### 【0021】

本発明に係る長尺シート材の厚み計測方法(3)は、上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を、上記巻取ロールの表面に照射するとともに、

上記巻取ロールの表面に照射された線状レーザー光をその照射方向とは異なる角度から同一視野内で少なくとも2回撮像し、

撮像された線状レーザー光の画像をもとに、巻取ロールの幅方向ロール径の増加量を計測し、その量を上記ロール径の増加量としてもよい。 30

#### 【0022】

ここで幅方向とは、長尺シート材の幅方向をいう。幅方向ロール径とは、長尺シート材の幅方向の各点ごとのロール径をいう。長尺シート材の幅方向プロファイル（幅方向に沿った厚みの凹凸または平らさ）が反映されている。

巻取ロールに照射された線状レーザー光は、ロール径の増加に伴って焦点がずれたり光源からの距離が変化するため、たとえばカメラの同一視野内で一定の時間をあけて2回撮像した場合、1回目の画像と2回目の画像とでは視野内での位置のほか、太さや長さが変化する。図9(a)に示すように、線状レーザー光源から照射された画像は巻取ロールの高さが低い時（カメラとの距離が遠い時）はレーザー光画像262のようにやや焦点がずれるので太くて長い画像が視野内の上側に現れる。レーザー光画像264は焦点を合わせた設定中心位置にあってシャープな画像が撮像され、長さはレーザー光画像262より短くなり、視野内での位置がちょうど中間点にある。ロール径が増大してカメラとの距離が近くなると画像はレーザー光画像266のように視野内の下側に現れ、その撮像結果はやはり焦点がずれる分太くなり長さは短くなる。また、幅方向に沿ってロール径に凹凸がある（幅方向ロール径が均一でない）場合、図9(b)のレーザー光画像260のように画像が一直線ではなくなる。このような画像の変化をもとにして、その時間内での幅方向ロール径の各点での増加量を幅全体にわたって一度に求めることができる。 40

一定の時間内での幅方向ロール径の増加量と、同じ時間内におけるリールスプールの回転数とから、その時間内に巻き取られた長尺シート材の平均化された幅方向ロール径（ブ

ロファイル)が幅全体にわたって一度に求められる。

1回の撮像ごとに、たとえばリールスプールが1回転する間に数十点から数百点の画像を取り込めば、それらの画像から求めた幅方向ロール径の計測値の平均化が可能なため、細かなノイズが消去できる。

#### 【0023】

本発明の長尺シート材の厚み計測システム(厚み計測設備)は、リールドラムを押し付けながらリールスプールに巻き取られる長尺シート材につき、その厚みを計測する厚み計測システムであって、

上記長尺シート材が形成する巻取ロールのロール径の増加量を非接触で計測するロール径計測装置と、

10

上記ロール径計測装置が計測したロール径の増加量と上記回転数計測装置が計測した回転数とを用いた演算を行う計測制御装置

とを有することを特徴とする。

#### 【0024】

このような厚み計測システムであれば、上記した厚み計測方法(1)を実現し、長尺シート材の厚みを計測することができる。

ロール径計測装置は、一定の時間内におけるロール径の増加量(リールスプール径からの増加量でもよい)を計測する。回転数計測装置は、同じ時間内におけるリールスプールの回転数を計測する。計測制御装置は、計測されたロール径の増加量とリールスプールの回転数をもとに演算を行い、その時間内に巻取ロールに巻き取られた長尺シート材の平均化された厚みを求める。計測制御装置はさらに、リールスプール径からの一定時間内におけるロール径の増加量と、同じ時間内におけるリールスプールの回転数とをもとに演算を行い、巻取ロールの1回転ごとの周囲長を求め、その周囲長と回転数とから巻き取られた長尺シート材の総長を計測することも可能である。

20

#### 【0025】

本発明の長尺シート材の厚み計測システムは、上記リールドラムの位置が固定され、それに対して上記リールスプールがロール径の増加に伴い流れ方向に移動可能になっていて、

上記ロール径計測装置が、上記リールスプールの端面の流れ方向における移動量を計測する流れ方向移動量計測装置であることが好ましい。

30

#### 【0026】

このような厚み計測システムであれば、上記した厚み計測方法(2)を実現し、長尺シート材の厚みを計測することができる。

流れ方向移動量計測装置は、リールスプールの端面の位置が一定の時間内に流れ方向に移動した量(リールドラムの位置を基準にした量でもよい)を計測する。リールドラムが固定されているので、この量をその時間内のロール径の増加量とすることができる。

流れ方向移動量計測装置はリールスプールの端面側に配置され得るので、巻取ロールは妨げられることなく流れ方向すなわち下流の工程に移ることができる。

#### 【0027】

40

発明の長尺シート材の厚み計測システムは、さらに、上記の流れ方向移動量計測装置が、上記リールスプールの回転中の端面を撮像する流れ方向用カメラと、その流れ方向用カメラで撮像された画像をもとにリールスプールの端面の流れ方向移動量を計測する流れ方向用画像処理装置とを有することが好ましい。

#### 【0028】

このような厚み計測システムであれば、高精度で長尺シート材の厚みを計測できる。流れ方向用カメラで回転中のリールスプールの端面を同一視野内でたとえば2回撮像し、撮像された2つの画像のずれを流れ方向用画像処理装置で計測することにより、1回目の撮像時刻から2回目の撮像時刻までの時間内におけるリールスプールの端面の流れ方向移動量を求めることができる。同じ時間内におけるリールスプールの回転数を回転数計測装置

50

で計測すれば、計測制御装置の演算によってその時間内に巻き取られた長尺シート材の平均化された厚みを求めることができる。

移動量の計測精度を上げるには、たとえば1回の撮像につきリールスプールが1回転する間に数十回画像を取り込み、それらの画像の重心を流れ方向用画像処理装置の演算により求めることができると考えられる。この場合、リールスプールの回転に伴う振動や幅方向のずれから生じる誤差を排除した結果として移動量を求めることができる。多数の画像の重心を求ることにより数十μ以下精度で巻取ロールのロール径の増加量を計測することも可能である。

リールスプールの端面中央にあらかじめセンターマークを設けておき、その画像を撮像してもよい。その場合でも多数の画像の重心を演算により求めることで、センターマークの変形やかすれ等から生じる誤差も排除した結果としてリールスプールの端面の中心位置の流れ方向移動量、すなわち巻取ロールのロール径の増加量を計測することができる。10

#### 【0029】

発明の長尺シート材の厚み計測システムは、上記ロール径計測装置が、  
上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を上記巻取ロールの表面に照射するよう配置された線状レーザー光源と、10

その線状レーザー光源から巻取ロールの表面に照射された線状レーザー光をその照射方向とは異なる角度から撮像する幅方向用カメラと、

その幅方向用カメラが撮像した線状レーザー光の画像をもとに巻取ロールの幅方向ロール径の増加量を計測する幅方向用画像処理装置と20

を有する幅方向ロール径計測装置であることも考えられる。

#### 【0030】

このような厚み計測システムであれば、上記した厚み計測方法(3)を実現することができる。線状レーザー光源と幅方向用カメラとは、巻取ロールの幅全体をカバーすることができます、そのため複数個ずつ配置されていてもよい。

たとえば、線状レーザー光源からの線状レーザー光が巻取ロールの表面で焦点が合う位置で幅方向用カメラが撮像した画像から、幅方向用画像処理装置によって基準値としての幅方向ロール径を求める(リールスプール表面に焦点を合わせれば、絶対値としての基準値が得られる)。一定時間または一定回転数経過後、径が増加した巻取ロールの表面上の線状レーザー光を幅方向用カメラの同一視野内で再び撮像し、得られた画像をもとに幅方向用画像処理装置で一定時間または一定回転数経過後の幅方向ロール径を求める。基準値と一定時間または一定回転数経過後の幅方向ロール径とから、その時間内または回転数内における幅方向ロール径の増加量を、幅全体にわたって一度に求めることができる。30

#### 【0031】

発明の長尺シート材の厚み計測システムは、上記リールドラムの位置が固定され、それに対して上記リールスプールがロール径の増加に伴い流れ方向に移動可能になっていて、

i) 上記ロール径計測装置が

上記リールスプールの回転中の端面を撮像する流れ方向用カメラと、その流れ方向用カメラで撮像された画像をもとにリールスプールの端面の流れ方向移動量を計測する流れ方向用画像処理装置とを有する流れ方向移動量計測装置、および40

上記巻取ロールの幅方向に長さのある線状レーザー光を上記巻取ロールの表面に照射するよう配置された線状レーザー光源と、その線状レーザー光源から巻取ロール表面に照射された線状レーザー光をその照射方向とは異なる角度から撮像する幅方向用カメラと、その幅方向用カメラが撮像した線状レーザー光の画像をもとに巻取ロールの幅方向ロール径の増加量を計測する幅方向用画像処理装置とを有する幅方向ロール径計測装置

を有し、

ii) 上記流れ方向移動量計測装置と上記幅方向ロール径計測装置とを同期させて移動させる駆動装置をさらに有する  
ことも考えられる。

#### 【0032】

10

20

30

40

50

駆動装置により、巻取ロールのロール径の増加（リールスプールの流れ方向への移動）に伴って、流れ方向移動量計測装置と幅方向ロール径計測装置とを同期させながら適切にスライドさせることができる。それにより、長尺シート材の流れ方向と幅方向の厚みを同時に計測でき、従来のスキャンニングと比較して高精度のプロファイルマッピングが可能になるうえ、撮像対象であるリールスプール端面や巻取ロールの表面が常に各カメラの視野内の最適な位置に入るよう制御可能で、計測値の精度が向上する。

#### 【発明の効果】

##### 【0033】

本発明の長尺材の厚み計測方法によれば、

- a) 非スキャン・非フィルタリングによる紙の厚み品質測定により、従来計測が困難であった抄紙機の高速変動が確認でき、制御性向上と原因排除の制御が可能になる。10
- b) これにより、生産性向上、省エネルギー化、省力化がなされる。又正確な長さ管理による枠替えが可能となり、余剰紙の削減が巻取ロール当たり数百メートル可能となる。
- c) 線坪量センサの代替になり、従来このような計測制御が導入できなかった厚い板紙や特殊紙、およびティッシュ、トイレットペーパーなどの薄紙分野への導入が可能になり、感覚で操業していた現場の操業管理が可能になる。
- d) 既設の計測制御システムに追加することで紙を疵付けない厚み測定と、従来不可能であった厚み/坪量変換制御などが可能になり、長さ測定と合わせて多大な経済効果が得られる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【0034】

【図1】本発明を適用する抄紙機の巻取装置10の概略を示す側面図で、通常の巻き取り中の状態を示す。

【図2】巻取装置10において、枠替えの準備段階を示す図で、図4に示す次の巻取ロールR2になるリールスプール22がリールドラム12上に降りている状態を示す。

【図3】巻取装置10において、枠替え直後の状態を示す図で、巻き取られたリールスプール16がセカンダリーアーム26から外れ、次のリールスプール22がレール14の上に降りて来てセカンダリーアーム26による支持を待っている状態を示す。

【図4】巻取装置10において、セカンダリーアーム26が次のリールスプール22を完全に支持して通常の状態になった図である。30

【図5】本発明の長尺シート材の厚み計測システム300の概略を示す側面図である。

【図6】本発明による流れ方向移動量計測装置100の概略を示す側面図である。

【図7】スプールセンターマーク110の計測原理を図解した説明図で、図7(a)はリールスプール16の側面図、図7(b)は複数回撮像したスプールセンターマーク110の画像121～132、図7(c)は撮像したスプールセンターマーク画像121～132の集合体140の拡大図、および図7(d)は各画像121～132の重心位置142とその平均位置144を示す図である。

【図8】本発明による幅方向ロール径計測装置200の概略を示す図で、図8(a)は幅方向ロール径計測装置200の概略図、図8(b)は、幅方向用センサ220、線状レーザー光源230、計測対象になる巻取ロールR、センサ220の視野240の関係を側面から見た図、図8(c)は、幅方向用センサ220、線状レーザー光源230、センサ220の視野240、線状レーザー光250の関係を正面から見た図である。40

【図9】図9(a)・(b)は、幅方向用センサ220のCCDエリア270における線状レーザー光250の視野内での位置と撮像された画像を示す図である。

【図10】流れ方向移動量計測装置100と幅方向ロール径計測装置200の同期移動概念を示す図である。

【図11】幅方向用センサ(図8中の符号220)の補正と差分計測の概念を示す図である。

【図12】本発明による厚み計測システム内に取り込まれる、各装置からのデータの相互同期関係を示す図である。50

【図13】本発明における紙の長さ計算と枠替えとの関係を示す図で、図13(a)は回転数と周囲長の関係を示すグラフ、図13(b)は巻取ロールRの側面図である。

【図14】従来のスキャンニングセンサを備えた抄紙機の概略図である。

【図15】従来の品質制御システムのスキャン方式による計測の概念を示す図である。(TAPPI PRESS 発行Paper Machine Quality Control Systems(QCS) より)

【図16】フィルタリングによる計測応答性を示すグラフである。(上記と同じ出典)

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0035】

以下、図面を参照して本発明による長尺シート材の厚み計測システムの一実施形態について詳細に説明する。尚、図中、同一の要素は同一の符号で示し、本発明に関係のない部分については図示を省略する。

##### 【0036】

まず初めに、本発明の厚み計測システムが適用される工程である巻取り工程について説明する。図1～図4は、抄紙機(図示せず)における巻取り工程の概要図であり、長尺シート材として紙ウェブWを用いる。ただし、本発明は紙ウェブだけでなく、プラスチックフィルムや不織布・金属など、ロール状に巻かれる他の長尺シート材にも広く適用可能である。流れ方向の厚み計測に使用する流れ方向移動量計測装置だけでも十分な経済効果ができる工程もあり、幅方向の厚み測定を必要としない下流工程や逆にリールスプールの払い出し工程での残余量最小制御などにも応用できる。

##### 【0037】

図1に示す通り、抄紙機の巻取装置10において、リールドラム12は架台18に固定された軸受け21にその軸20が回転自在に支持されており、リールスプール16は、その軸24がセカンダリーアーム26に回転自在に支持されながら、レール14上を移動する。通常運転の時には紙ウェブWはリールドラム12と巻取ロールRとの間のニップNで十分な線圧が掛けられてリールスプール16に巻き取られ、巻取ロールRを形成する。高速抄紙機では巻取ロールRのロール径がリールスプール16の径ほどに小さい時で1秒に10回転ほどしており、巻き上がりの最大径(ジャンボリールと言う)の時ではそれが2回転以下まで落ちる。巻取ロールRは、油圧シリンダ28と組み合わされたセカンダリーアーム26でリールドラム12に押し付けられており、レール14の上をロール径の増大と共に流れ方向(紙ウェブの幅方向に直交し、リールドラム12から離れる方向)に移動する。リールスプール16の軸24は回転しており、本発明のシステム300の計測対象になっている。

##### 【0038】

図2は、枠替え(リールスプールの交換)直前の巻取装置10の様子を示し、次のリールスプール22が、図示していないプライマリーアームに支えられながらリールドラム12に密着して同じ速度で回転するように準備がなされる。オペレータは枠替えのタイミングで紙ウェブWを切る。従来は、オペレータの目視により、セカンダリーアーム26の縁とレール14にある枠替え目標マーク30が重なった時を枠替えのタイミングとしている。しかし、上述したように目視では誤差が大きいため、本発明のシステム300では製造された紙ウェブWの長さを計測して枠替えのタイミングを決めている(詳細は後述)。

##### 【0039】

図3は枠替え直後の巻取装置10の様子を示す。次のリールスプール22には紙ウェブWが巻き付けられ、切り離された巻取ロールRがセカンダリーアーム26から外れて下流(流れ方向)に後退した後、レール14上に降りてくる。この間数秒を要し、リールスプール22は後述する流れ方向移動量計測装置100の流れ方向用センサ104の視野にはまだ入ってこない。

##### 【0040】

図4は枠替え後の巻取装置10において、リールスプール22がレール14に降りたのちセカンダリーアーム26に抱きかかえられて巻取ロールR2を形成するという通常の状態に入った図である。なお、図示されていないプライマリーアームは元の位置に戻る。

##### 【0041】

10

20

30

40

50

本発明の厚み計測システム300は、上述した抄紙機の巻取装置10に取り付けられ、この一連の操業手順の中で紙ウェブWの流れ方向の厚みと幅方向の厚み（プロファイル）及び製造された長さを計測する。図5は、本発明の非スキャン型で、幅方向・流れ方向分離型の厚み計測システム300の各装置、すなわち流れ方向移動量計測装置100と幅方向ロール径計測装置200と計測制御装置150の概要を示す図である。

#### 【0042】

図5における下方の二点鎖線で囲まれた流れ方向移動量計測装置100は、駆動装置102のキャリッジ103に取り付けた流れ方向用センサ104を有する。流れ方向用センサ104は、リールスプール16の軸24の中心の流れ方向移動量（すなわち巻取ロールRのロール径の増加量）を計測するためのもので、図6に示すリールスプール16の軸24の端面24a中央にあらかじめ設けたスプールセンターマーク110を撮像する機能を有する流れ方向用カメラと、撮像した画像の処理機能を有する流れ方向用画像処理装置（いずれも図示せず）とを備えている。キャリッジ103には、さらに回転数計測センサ106を取り付けている。回転数計測センサ106は、リールスプール16の回転数を計測するためのもので、リールスプール16の軸24の端面24a縁部にあらかじめ設けたスプール回転マーク118（図6参照）を撮像する機能を有する回転数用カメラと、撮像した画像の処理機能を有する回転数用画像処理装置（いずれも図示せず）とを備えている。駆動装置102は、キャリッジ103に取り付けた流れ方向用センサ104と回転数計測センサ106とを、ロール径の増加と共にリールスプール16の軸24の端面24aを追いかけるように移動させる。ここでカメラ2台を使用するのは、高速抄紙機では1回転が0.1秒以下になる為、現状のカメラの画像処理能力では回転数と中心位置の2つの計測を1台で行うのには十分な画像処理数を実行するのが困難だからであり、低速な抄紙機においては両方の計測を1台で実行できる為、本発明の必要事項としてカメラは1台ないし2台が必要であり、詳細な説明はカメラ2台の構成で行う。また、カメラ1台においても撮像数と画像処理数を削減すれば高速抄紙機でも精度は落ちるもの一定の成果が得られるので、2台使用構成で1台が故障した時のバックアップとしての機能を両方に持たせることもできる。この計測の2重化ともいべき機能は本発明の一部である。

#### 【0043】

図5における上方の二点鎖線で囲まれた幅方向ロール径計測装置200は、線状レーザー光源230と幅方向用センサ220と計測制御装置150の組み合わせを持ち、紙ウェブWの全幅をカバーできるように必要であれば複数組（図8では3組）が一定間隔で配置されている。幅方向用センサ220は、線状レーザー光源230から巻取ロールRの表面に照射された線状レーザー光250を、照射角度とは異なる方向から撮像する機能を有する幅方向用カメラ（CCDカメラ）と、撮像した画像を処理する機能を有する幅方向用画像処理装置（いずれも図示せず）とを備えている。図5は幅方向ロール径計測装置200を側面から見た概略図で、巻取ロールRのロール径の増大と共に、線状レーザー光源230と幅方向用センサ220が上方に45度の角度で動くことを示す。図5では1台の光源230とカメラ220のセットを搭載したキャリッジ203が動くイメージを示すが、実際にはたとえば図8に示すように紙ウェブWの幅方向に3台が繋がっており、各キャリッジ203A～203Cがそれぞれリニアレール205A～205Cにサポートされている。それらを駆動するのは、別に幅方向のほぼ中心に配置された駆動装置202で、抄紙機の幅2-3m毎に用意する。

#### 【0044】

流れ方向移動量計測装置100と幅方向ロール径計測装置200とに接続された計測制御装置150は、流れ方向用センサ104と線状レーザー光源230と幅方向用センサ220と回転数計測センサ106の同期移動のほか、計測データ収集、表示データ、制御データ、解析データの生成や記録などの処理を行う装置である。各センサ104・106・220が計測したロール径の増加量やリールスプールの回転数などに基づいた演算を行い、紙の厚みや長さを求めることが可能。流れ方向移動量計測装置100と回転数計測センサ106と計測制御装置150の組み合わせで流れ方向単独の厚み計測システムとしても構築でき、また幅方向ロール径計測装置200と計測制御装置150の組み合わせは単なるシンプルなプロファイル計としての活用ができる、これらも本発明に含まれる。

10

20

30

40

50

**【 0 0 4 5 】**

次に、上記した厚み計測システム300を用いた紙ウェブWの厚み計測方法について説明する。まず、流れ方向移動量計測装置100による計測方法であるが、リールスプール16の移動量を計測する方法を採用する。すなわち、リールドラム12にて十分線圧が掛かった状態で計測する巻取ロールRのロール径の幅方向平均値が一定時間内に増加する量が、リールスプール16の流れ方向移動量として現れるのを利用する。リールドラム12とセカンダリーアーム26にて押し付けられた線圧下での紙ウェブWの厚み計測は、TAPPI (Technical Association Pulp& Paper Industry) 規格による紙の厚さ（キャリパーと言う）の定義する計測法（キャリパーとは50kPaの圧力下での紙の厚みを言う）に準じており、しかも全幅を平均化しているので、まさに流れ方向キャリパーとしての条件を備えている。厚み変化量は、加重平均・移動平均・単純平均など様々な目的に応じた計測値として表せる。流れ方向用センサ104による移動量の計測精度は50μ以下となるように設定する。この値は50枚の重ねで1μの誤差以内であり、紙の厚みが100μであれば1%、50μであれば2%の誤差になる。この計測値を得るのに枠替え直後の小さいロール径の時は数秒で、ジャンボリールと言う枠替え直前の大きなロール径の時でも数十秒で得られる。厚みに変換する時の枚数を増やせば精度はさらに良くなる。

10

**【 0 0 4 6 】**

図6は、リールスプール16の軸24の端面24aに設けたスプールセンターマーク110とスプール回転マーク118、およびそれらのマーク110・118を撮像する流れ方向用センサ104及び回転数計測センサ106の視野114・116を示す。本発明の特徴として画像による計測をするのであるが、リールスプールは抄紙機の速度と下流工程との組み合わせにより十数本から数十本用意されており、同じマークの形状を全てに適用することはできない上に経年変化を取り扱い上の問題で汚れ等が発生し、マークの撮像により得られる画像は常に変化すると考えるのが妥当である。従って、マークのおおよその位置以外は不確定要素が多くあり、それらの全ての計測上の外乱と考えられる要素を排除しなければならない。外乱の要素にはこれらマークの外観以外に、各リールスプール固有のペアリングなどによる振動や円形度などが挙げられる。

20

**【 0 0 4 7 】**

回転数計測センサ106は、リールスプール16が一回転する間にスプール回転マーク118を撮像する範囲を30点以上、視野116の大きさ5cm×10cm～10cm×20cmの中で確実に検出する。スプール回転マーク118はスプールセンターマーク110とは5cmほどの間隔をあけてペイントされており、仮に視野116のサイズが5cm×10cmと小さくても、1回転するマーク118の移動範囲の6分の1以上をカバーしているため、視野116内を通過するのに少なくとも5回の検出機会があり見逃すこととは無い。

30

**【 0 0 4 8 】**

流れ方向用センサ104は、視野114の中でリールスプール16が一回転する間にスプールセンターマーク110を最低30回以上撮像し、結果の画像の合成によるあるいは平均化による外乱のゼロサム化を図る。30回の測定は現在ある最高速のマシンにおけるイメージ取得数であり、通常のマシン速度である1000m毎分においては50回から100回のイメージ取得が可能である。スプールセンターマーク110を適切に視野内にとらえるために、撮像結果及び時間、厚み、移動速度等の計算により、3cmから5cmの移動量毎に駆動装置102によりキャリッジ103（流れ方向用センサ104と回転数計測センサ106）は移動される。巻取ロールRのロール径増大に伴いこれらが一連の動きをする。

40

**【 0 0 4 9 】**

図7に基づき、上述したスプールセンターマーク110の計測原理を説明する。図7(a)に示すように、スプールセンターマーク110は軸24の端面24aの中心にほぼ円形でペイントされるが、上述したとおり経年変化と汚れでその円形度は崩れる。また一部の欠けや中心を外れてペイントが残る場合もあり、個々のリールスプールでその様子は異なる。本発明の重要な手段は、それらの崩れたマークを数多く計測してそれぞれの重心を計測し、それらの平均値を得ることである。図7では分かりやすくするために30度毎に12点計測した

50

時の例を示すが、実際には30点以上の計測をする。図7(b)～図7(d)に、マーク画像121～132の取得からリールスプール16の中心位置計測に至る過程を図示した。取得した12個のマーク画像121～132(図7(b))の集合体140(図7(c))の画像毎の重心集合体142(図7(d))を計測し、その平均値144を得ることで、高精度のスプール中心位置を測定できる。この個別の画像処理方法以外の方法として全ての撮像結果を合成してその重心を求めるのも同じ結果を得ることができ、これらの手段はともに本発明の骨幹を成すものである。後述するが幅方向ロール径計測にもこの両方の方法が適用され、これらの手法は計算の速度や計測の速度でどちらを使うのが優位かで決定される。因みに各重心を求めて平均化する方法はイリーガルなイメージを排除できる利点があるが、画像処理速度が要求される。この平均化手法によりペアリングによる振動や円形度などスプールの固有差がゼロサム化され、精度の高い中心位置が計測できる。1秒以内での計測なのでその間にマークの形が変わると言うのは事実上無視できるが、先に述べた通り個々の重心位置計測後の平均化手法によればマークの異常検出は可能である。

#### 【0050】

本発明の骨幹を成す画像による計測の優位点は、多数点計測が可能で計測対象のマークの外観の精度や位置の精度に依存せずに、多数本あるリールスプールの固有差を無くすことができる所以である。これにより、機械的な歪計や距離計を使用した手法と異なり格段の精度向上が達成できる。また、センサ104が備えるカメラのピクセル解像度は $50\mu$ としても、多数点とることによりバイピクセル補完法でピクセルサイズ以下の精度が計算上得られる。

#### 【0051】

次に、幅方向ロール径の計測方法について図8・9に基づき説明する。図8(a)は幅方向ロール径計測装置200の概略図、同(b)は幅方向用センサ220、線状レーザー光源230、計測対象になる巻取ロールR、センサ220の視野240の関係を側面から見た図、同(c)は幅方向用センサ220、線状レーザー光源230、センサ220の視野240、線状レーザー光250の関係を正面から見た図である。

幅方向用センサ220と線状レーザー光源230とを用いて、十分に線圧が掛けられた後の巻取ロールRの幅方向ロール径を高さとして計測する。幅方向用センサ220は、幅方向用カメラとカメラが撮像した画像の処理機能を備えている。この時高さは計測値の絶対値を使用するのではなく、まずリールスプール16の中心軸の真上に線状レーザー光250が照射される位置まで幅方向用センサ220と線状レーザー光源230とを移動させ、1回目の高さ計測をする。これを基準値として以後は計測した高さとこの基準値との差分をロール径の増大量として計測し、その間の回転数で割ったものを紙ウェブWの幅方向厚みプロファイルとする。幅方向は $200\mu$ ～ $300\mu$ 程度の間隔で計測され、計測するカメラの最大視野は400mm～600mm程度にするが、これらの数値は現場のスペースやカメラ能力、レーザー光源スペックなどによるのでプロセスに応じて設計される。高さ計測は定期的に(例えば10回転毎に)リールスプール16が1回転する間に多数点計測する。計測する範囲は線状の帯であるからカメラ視野内に占める面積比はごくわずかである。従って、計測開始時に計測すべき領域を判定して以降次の高さ計測時にはその範囲だけ画像処理する手法を用いて高速撮像と平均化を行うことで十分な平均化と巻取ロールRの固有振動などをゼロサム化する。

#### 【0052】

この一回転の開始と終了のトリガーは回転数計測センサ106から行われ、このトリガーは、計測制御装置150を経て巻取ロールRの上方に配した幅方向ロール径計測装置200へのトリガーになるとともに、流れ方向移動量計測装置100のスプールセンターマーク110計測のためのトリガーにもなる。計測制御装置150は、計測の基準となる基準値(タイムゼロプロファイル)及びその後の高さ計測値の取得位置とスプール中心位置への補正係数を計算する際の同期も執り行う。

#### 【0053】

幅方向用センサ220A,B,Cと線状レーザー光源230A,B,Cとは同じ間隔(例えば50cm)で幅方向に3台ずつ配置されており、幅方向用センサ220は巻取ロールR上の設定距離において

10

20

30

40

50

50cmの視野を持つように焦点を合わせている。レーザー光源230は同じく設定距離において50cmで焦点を合わせておく。この時、その設定距離（高さ）の±数cm内はカメラの焦点深度内であり良い画像が取れる範囲となり高さ計測に用いられる範囲とする。これらの数値はカメラ、レンズなどにより異なる為定義はしない。重要なのは巻取ロールRの高さが変化するとカメラの視野内でとらえたレーザー光250の線状画像の位置が図9(a)の262,264,266に示すように変化することである。本発明ではこの時の高さ精度を最低100μ以下とする。幅方向用センサ220Aとレーザー光源230Aはキャリッジ203Aを介してリニアアレル205Aに取り付けられ、一体となって移動する。他の幅方向用センサ220B,Cとレーザー光源230B,Cも同様に一対で組み合わされ、それぞれキャリッジ203B,Cを介してリニアアレル205B,Cに取り付けられており、移動するときはすべて同時に移動する。これらを移動する手段として駆動装置202が用意されており、流れ方向移動量計測装置100の駆動装置102と同期して動く。10

#### 【0054】

幅方向用センサ220は図8(b)に示すように巻取ロールRの表面を見ており、視野は240で示す。線状レーザー光源230の照射点242は高さ計測範囲の最低高さを示し、照射点244は最高高さを示す。計測制御装置150はこの範囲を超えないように駆動装置202によって幅方向用センサ220と線状レーザー光源230とを並列に同時移動させる。

#### 【0055】

この幅方向ロール径計測装置200を正面から見ると、図8(c)に示すように、線状レーザー光源230A,B,Cと幅方向用センサ220A,B,C及びそれらの視野240A,B,Cのそれぞれの位置関係が分かる。照射された線状レーザー光250A,B,Cは、実際の運転時にはオーバーラップ処理をする為にAとBまたはBとCが同時に照射されることはない。幅方向に渡り線状レーザー光250は常に両隣とは交互に照射される。幅方向用センサ220もそれに伴い同期計測される。20

#### 【0056】

図9は線状レーザー光250を画像処理して高さ(ロール径)を計測する概念を示す。幅方向用センサ220はCCDカメラを使用している。線状レーザー光250の画像は、巻取ロールRの高さが低い時(巻取ロールRとカメラ(センサ220)の距離が遠い時)は、図9(a)の画像262のようにやや焦点がずれるので太くて長い画像がCCDカメラの視野270内の上側に現れる。画像264は焦点を合わせた設定中心位置にあってシャープな画像が撮像され長さは画像262より短くなり、高さがちょうど中間点にある。ロール径が増大してカメラとの距離が近くなると画像266は視野270内の下側に現れ、その撮像結果はやはり焦点がずれる分太くなりまたカメラに近い為に長さは短くなる。これらの視野内における各ピクセルの位置及びグレイスケール値は高さの変換に使用されるが、もとになるデータは測定開始からリールスプール16が1回転する間に数十点から数百点を取り込む。取り込み点が多いほど細かなノイズも消去される。測定値の平均化は流れ方向測定でスプールセンターマークを計測した時と同様に撮像イメージを重ね合わせて各幅方向ピクセル区切りでの重心位置を平均化する。幅方向の高さに凹凸がある場合、幅方向用センサ220が焦点を合わせた中心位置からずれると、撮像された線状レーザー光250の画像は図9(b)の260のように直線状ではなくなる。この場合も各幅方向ピクセル区切りでの重心位置を平均化して高さ計測値260CPとする。3040

#### 【0057】

この計測値は単なる高さ計測値であり、そのままでは紙ウェブの厚みにはならない。厚みの計算は次の手順による。

- 1) 流れ方向移動量計測装置100により巻取ロールRの中心位置を計測して、幅方向ロール径計測装置200をそのレーザー照射がその中心位置の若干先(流れ方向の下流に向かって例えば2-3mm先)になるように移動させる。
- 2) レーザー照射位置にリールスプール16の中心軸が到達した時に基準の幅方向高さを計測し計測制御装置150に保存格納する。
- 3) 次にリールスプール16があらかじめ決められた回転数あるいは移動量になった時に回50

転数計測センサ106または流れ方向用センサ104がトリガーを出して、幅方向用センサ220が高さを計測し計測制御装置150に保存格納する。

4) 計測制御装置150は、その高さ計測値とその間の移動量による高さ補正計算をしてその間の回転数で割って紙ウェブ一枚分の厚さを計算する。

5) 以下、線状レーザー光250が視野240内から外れて再び幅方向用センサ220と線状レーザー光源230が移動するまで、3)と4)を繰り返す。

#### 【0058】

図10は、流れ方向移動量計測装置100の流れ方向用センサ104と幅方向ロール径計測装置200の幅方向用センサ220との同期移動についての概念図である。巻取ロールRは、流れ方向用センサ104及び回転数計測センサ106により、センサ位置CL0において回転数とリールスプール中心位置の測定がなされる。この時幅方向用センサ220はセンサ位置CW0にあり、ロール径がR120の状態で巻取ロールRの幅方向の高さを計測する。流れ方向用センサ104と幅方向用センサ220とは、撮像対象のための視野範囲を確保する為にロール径rの増大(R122の状態)に応じて移動するが、その時流れ方向用センサ104と同時に幅方向用センサ220をリールスプール16の中心位置の少し先まで(流れ方向の下流に向けて)移動させる(図中流れ方向用センサ位置CL1および幅方向用センサ位置CW1)。移動時間は数秒であるが、幅方向ロール径の基準点を正確に計測する為にリールスプール16の中心位置の先に幅方向用センサ220をおいておき、実際に中心位置がレーザー照射位置の真下に来た時に流れ方向用センサ104が高さ基準値計測開始のトリガーを出す。厚みの計算は高さ変化量を見ており絶対値高さは必要ないが、できるだけ精度を保つための処置である。

#### 【0059】

図11は、基準点からロール径の増大とともにリールスプール中心位置が移動する時の補正法を示す。図中、基準値を計測する時(ロール径 = r0)の巻取ロールRを破線の円R0で示し、その中心をC0で示す。次に測定する時(ロール径 = r1)の巻取ロールRを実線の円R1で示し、その中心をC1で示す。ロール径の増大量x(= r1 - r0)だけその中心は移動する。この時、中心位置からの高さの幅方向平均値の増加量hもxと同じ量になる。しかし幅方向用センサ220が計測している場所は以前の中心位置C0の真上であるから、増加量の計測結果はhではなくyと計測される。求める計測値はこの移動間の幅方向高さ(ロール径)の変化量であり、それは基準位置と移動後の位置における幅方向高さの変化量である。その変化量hは、基準位置の半径r0と計測結果yと流れ方向移動量xとによる次の式で補正後の計測値が求められる。

$$h = \{ (r0 + y)^2 + x^2 \}^{1/2} - r0$$

ここで得られたhは基準点からリールスプールの中心位置が移動した後の幅方向高さであり、平均値はxに近い値を示すはずであり、仮に理想的な真の平らな巻取ロールができるのならば同じ値を示すはずである。紙ウェブWの厚さは常に変動しており、故にこの幅方向高さを常時監視する必要があるのである。一方、xは流れ方向の移動量を示しており、厚みに変換した時の変動分はこの幅方向高さと分離された流れ方向成分だけの厚み平均値を示す。

#### 【0060】

図12は、上述したスプール中心位置、高さ、回転数などの計測値を、目的である厚みや長さの単位に計算する際のデータハンドリングのイメージを示す。各センサ104、106、220からの測定結果は計測制御装置150に送られるが、データの格納状態は図に示す通り、流れ方向移動量計測装置100からの測定値がタイムスタンプと共にリールスプールの回転数M、リールスプール中心位置(カメラの視野中心からの距離)C、カメラ位置(リールドラムからの距離)CP、その計算結果によるロール径rが時系列に格納されていく。次に幅方向ロール径計測装置200からの測定値は幅方向に計測装置の分解能で確保された幅方向各位置CDnに幅方向用センサ220からの幅方向基準高さ280A0, 280B0, 280C0が、計測した時の回転数のエリアに格納される。次に計測された第1回目の測定値280A1, 280B1, 280C1がやはりその計測時回転数のエリアに格納される。この後同様に、新たな基準計測がなされるまでシステム300で決められた間隔で計測を続ける。これで基礎データは確保さ

10

20

30

40

50

れ、その後の必要な演算に使用される。

#### 【0061】

本発明の目的は、非スキャン計測によるフィルタリング不要な高速厚み測定により流れ方向の厚み変動と幅方向の厚み変動を分離して計測することである。それにより高速な制御が可能となり、また従来計測できなかった抄紙機の用具などによる高速変動の原因を解析でき、外部機器による強制的な紙の品質補正ではなく変動要因を見つけて排除することにより補正ではなく原因除去を目的とした計測制御をすることである。段落 [0060] で計測されたデータより、例えば  $r_1 = CP_1 + C_1$ 、 $r_2 = CP_2 + C_2$ 、この間の移動量は  $r_2 - r_1$  で、これをこの間の回転数  $M$  で割って1枚の紙ウェブ  $W$  の厚さを計算する。同一視野内で2回撮像した場合、カメラの位置は移動していないので  $CP_1 = CP_2$  である。移動量が1mmで回転数が50回ならば演算結果は  $200 \mu$  であり、これに空気含有量の補正を加えて紙の厚さを計算する。空気補正量は紙の銘柄・抄紙機速度・線圧等で異なり現場チューニングファクターである。同様に、280A1 - 280A0をその間の回転数で割ると幅方向の厚みが得られる。これらの流れ方向計測値と幅方向計測値は次に計測装置が移動するまでは基準値が同じなので精度を向上させるために回転数を増やして、例えば  $r_4 - r_1$ 、280A3 - 280A0などとして150枚の平均値などとすることが自由にできる。制御戦略とマシン解析、品質管理では違う平均化手法を取ることができ、最終の巻取りロール1本の巻姿を現すことも可能である。また、下流における子ロール（小巻ロールで販売用のサイズのこと）の巻姿や品質管理データを構築できる。最も素早く計測する変動分は加重平均又は移動平均を取り、その厚みを坪量に変換して制御が可能になる。本発明は放射線管理者を雇う事が出来ずに 線坪量センサによる坪量計測制御を導入できないプロセスには大きな経済効果と品質向上を可能にする。10

#### 【0062】

さらに、図13に示した通り巻取りの真の長さが計測でき、下流工程で無駄になる余剰紙の削減が可能になるので、この流れ方向移動量計測装置のみでも多大な経済効果が見込める。本発明の手段が巻取りロールのロール径とその回転数を計測することにより得られる結果であるが、システムは巻取りロールの半径を計測しており、計測時の回転数も記録している。図13において  $L_2$ 、 $L_3$  は計測開始後のある時点での巻取りロールの周囲長であり、 $L_2$  は  $2 \times \pi \times r_2$  であり、 $L_3$  は  $2 \times \pi \times r_3$  である。この間の紙ウェブ  $W$  の長さは  $(L_2 + L_3) \times (M_3 - M_2) / 2$  であり、上底が  $L_2$  で下底が  $L_3$ 、高さが回転数  $M$  の台形の面積になる。計測は  $M_1$  から始まっており、枠替え直後は回転数を計測できない間が数秒あるが、これは後のロール径増加分の結果から推測でき、また計測可能になった時点の枠替え後の時間からも計算できる。仮にこの分は図中に410で示すが400がリールスプールの周囲長であり、計測開始の  $M_1$ までの間の回転数は枠替え後から  $M_1$ までの時間を  $M_1 \sim M_2$  間の時間から推測するか、一つ前の巻取り最終速度から長さを求めて良い。ロール径がジャンボリールに比べて非常に小さいので、一巻二巻の違いは数メートルにしかならない。20

#### 【符号の説明】

#### 【0063】

W 紙ウェブ（長尺シート材）

R 巻取りロール

N ニップ

10 巻取り装置

12 リールドラム

14 レール

16 リールスプール

100 流れ方向移動量計測装置

104 流れ方向用センサ

106 回転数計測センサ

150 計測制御装置

200 幅方向ロール径計測装置

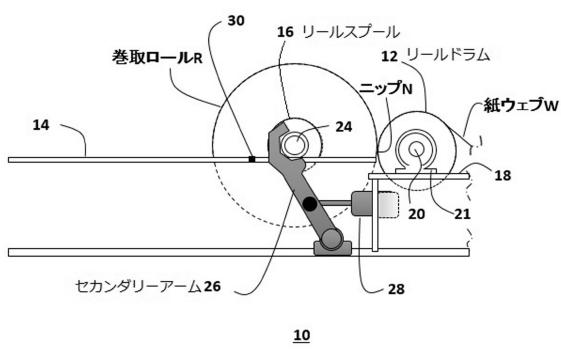
40

50

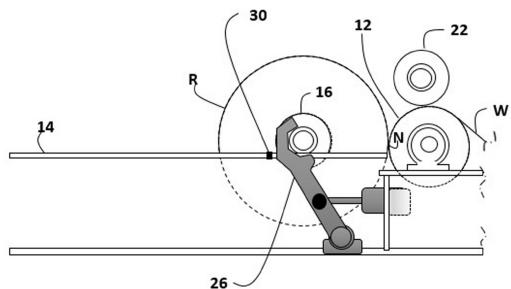
220 幅方向用センサ

300 長尺シート材の厚み計測システム

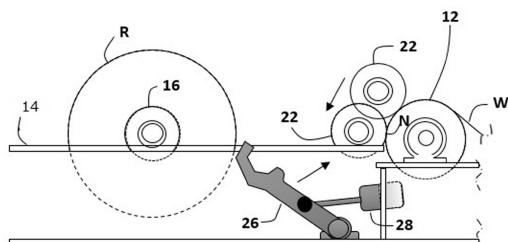
【図1】



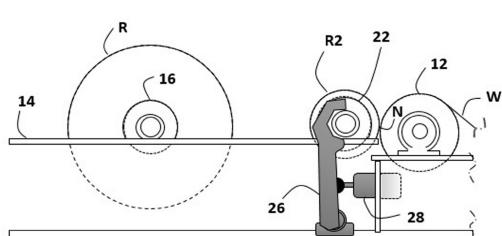
【図2】



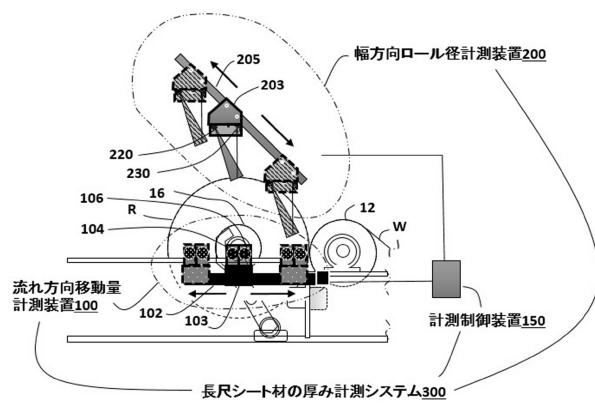
【図3】



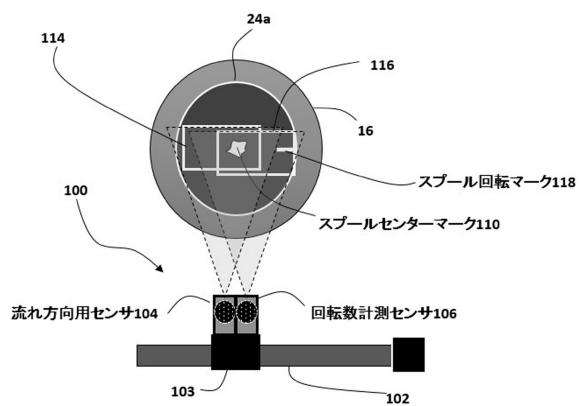
【図4】



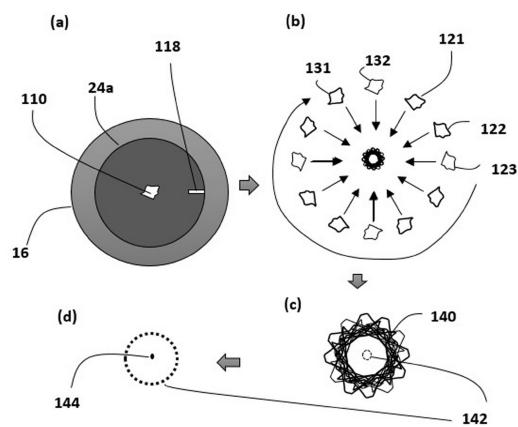
【図5】



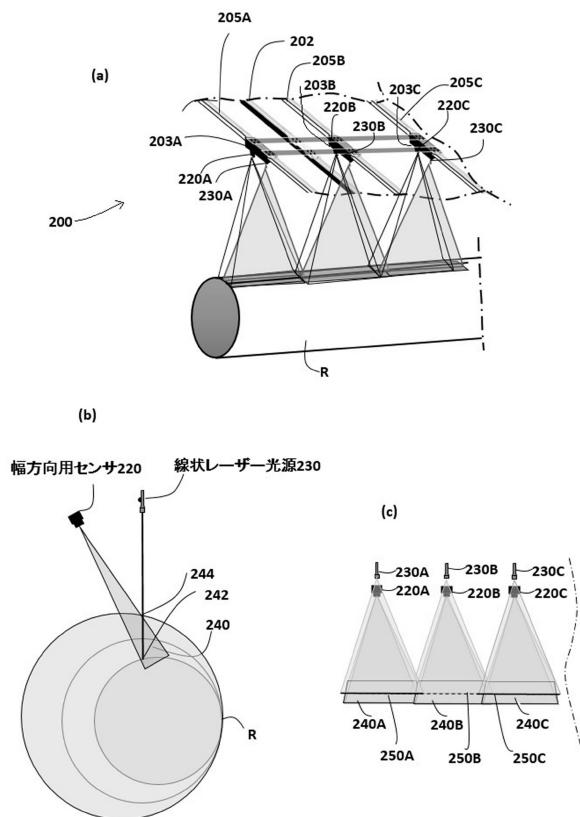
【図6】



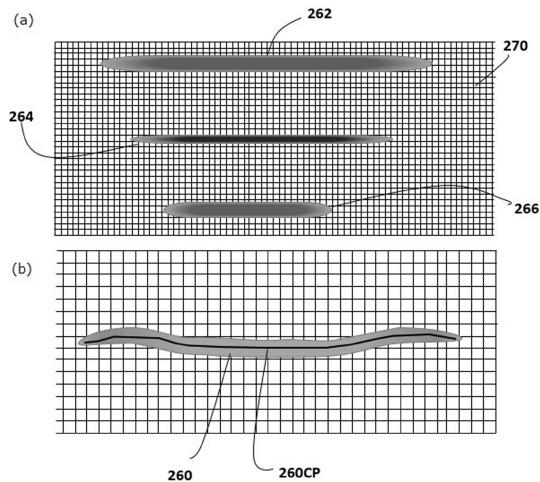
【図7】



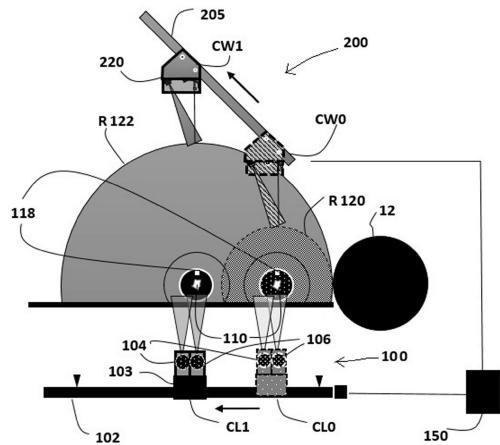
【図8】



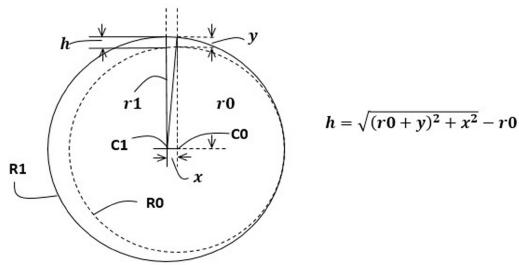
【図9】



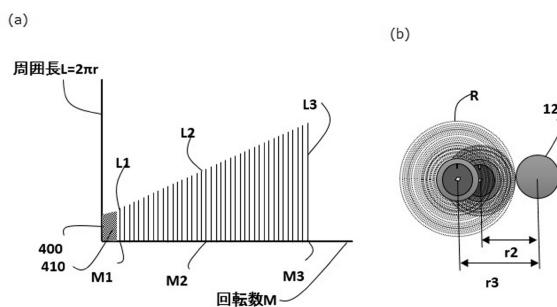
【図10】



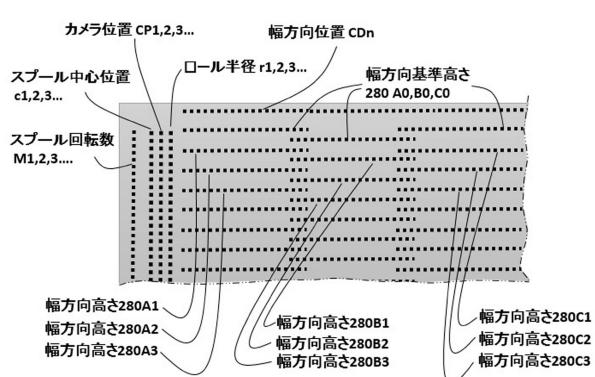
【図11】



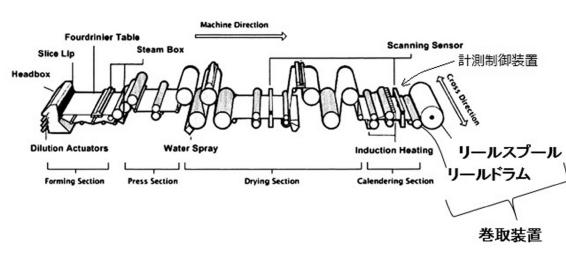
【図13】



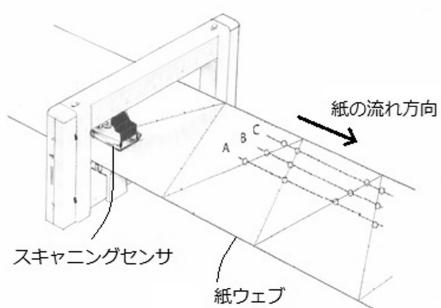
【図12】



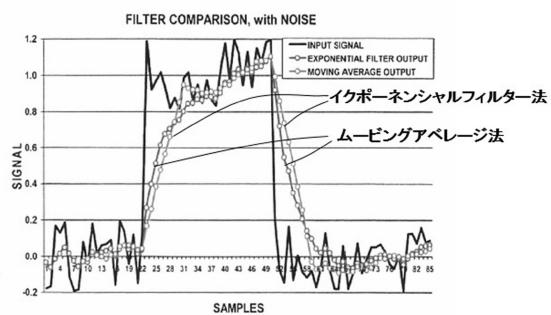
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭56-51606(JP,A)  
実開平1-85357(JP,U)  
特開平1-98550(JP,A)  
特開平11-351832(JP,A)  
特開2005-134342(JP,A)  
中国特許出願公開第102607494(CN,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B 21/00 - 21/32  
G 01 B 11/00 - 11/30  
D 21 F 7/06