

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2009

課題番号：19206021

研究課題名（和文）トラクション搬送される光学フィルムの損傷予測モデルの定式化とその応用

研究課題名（英文）Formulation of Prediction Model for Optical Film Defects under Transportation by Traction and It's Application to Industrial Problems

研究代表者

橋本 巨 (HASHIMOTO HIROMU)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：40130877

研究成果の概要（和文）：

ウェブハンドリングプロセスは液晶ディスプレイ，太陽電池，燃料電池などをはじめとして多くのプリンティッド・エレクトロニクス分野で広く活用されている。ウェブの搬送工程で特に問題となるのはしわとスリップの発生である。他方，ウェブの巻き取りはハンドリングの最終工程にあたるので，これらのウェブの欠陥は大きな損失の原因となる。巻き取り時のしわとスリップの発生は巻き取りロール内部の応力状態に強く影響される。本研究では，ウェブハンドリングプロセスにおけるこれらウェブ欠陥の発生原因を理論と実験の両面から解明し，かつその有効な防止方法を提案して実験的に検証している。

研究成果の概要（英文）：

The web handling processes have been widely used for a lot of products, such as liquid crystal display monitors, solar and fuel cells, and other flexible thin materials related in the printed electronics fields. Most of web handling industries are often encountered with the problems of wrinkling and slippage in the transportation process. On the other hand, since the winding process is a final stage of the production, these web defects had been a cause of losing a lot of materials and being very high production costs, and wasting a lot of time to restore the wound roll. The generation of wrinkling and slippage in the wound roll is strongly related with the in-roll stress distributions in the wound roll. In this research work, the generation mechanism of these web defects in the web handling process was clarified theoretically and experimentally, and the effective methods to protect such defects were proposed with experimental verifications.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	13,400,000	4,020,000	17,420,000
2008年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2009年度	11,400,000	3,420,000	14,820,000
年度			
年度			
総計	30,600,000	9,180,000	39,780,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学，設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：高度製造技術，柔軟連続媒体，ウェブハンドリング，巻き取り理論，ウェブデフェクト，トライボロジー，弾性学，最適化理論

### 1. 研究開始当初の背景

プラスチックフィルムや紙などの二次元的な広がりを持つ連続柔軟媒体は、ウェブと総称され、新聞などの印刷物や写真、磁気テープなどの情報記憶媒体として、また液晶フィルムなどのディスプレイ用素材として極めて有用である。ウェブを搬送し、途中処理工程を経て最終的に巻き取る技術は“ウェブハンドリング技術”と呼ばれ、フィルム、紙、金属薄膜などの製造分野をはじめとして広範囲の産業分野において導入されている重要基盤技術である。とりわけ昨今における機械の高効率化、高性能化のニーズの中で、製品精度を損なうことなくウェブを安定して走行させ、かつ適切な処理を行うことがキーテクノロジーの一つとなってきた。

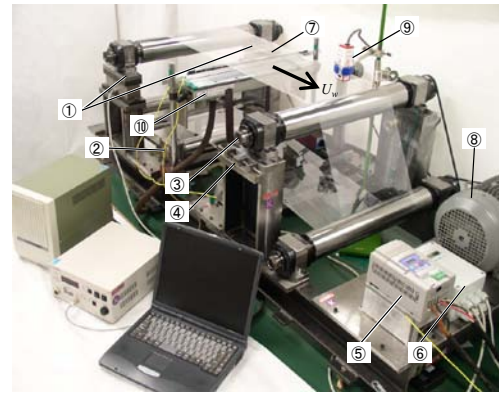
### 2. 研究の目的

ウェブハンドリング技術は我が国の情報技術分野などを支える重要基盤技術の1つであるが、そこでの技術課題であるフィルムとローラ間の空気巻き込み量とトラクション特性の予測並びにフィルムの搬送・巻き取り時の損傷予測に関わる問題についてはこれまで経験的に処理されてきており、ほとんど学問的な扱いがなされていない。本研究はこの課題に世界で初めて本格的に取り組むものである。具体的な研究目的は以下の通りである。

- (i) 高速搬送時に特に問題となる周囲からの空気巻き込み量とトラクション特性の予測モデルの定式化と実験的検証
- (ii) フィルム搬送時におけるスリップとしわの発生メカニズムの解明
- (iii) スリップとしわの予測モデルの定式化と実験的検証
- (iv) フィルム巻き取り時の不具合を完全防止するための張力の最適化手法の提示
- (v) フィルム搬送時のスリップとしわの防止を目的とした制御技術の開発
- (vi) フィルムに損傷を与えない搬送システムの体系的な設計手法の確立

### 3. 研究の方法

本研究は(i)フィルムとローラ間のスリップおよび折れしわの発生メカニズムの解明とその防止法の確立、(ii)フィルム巻き取り時のディフェクト発生メカニズムの解明とその防止法の確立に大別され、それぞれ実験と理論の両面から取り組む。研究項目(i)については、まず写真1に示す装置を用いて様々な運転条件下におけるスリップ開始速度と折れしわ発生時にフィルムに作用する張力の関係を詳しく述べる。また、フィルムとローラ間に巻き込まれる空気膜厚さの測定も実施する。これらの実験結果を基にスリップと折れしわの発生予測モデルを構築し、



- |            |                    |
|------------|--------------------|
| ① ロードセル    | ⑥ 張力ユニット           |
| ② ダンサローラ   | ⑦ 試験フィルム           |
| ③ 試験ローラ    | ⑧ 駆動用ローラ           |
| ④ 角度調整機構   | ⑨ レーザドップラー速度計(LDV) |
| ⑤ 速度コントローラ | ⑩ 減圧機構             |

写真1 実験装置

その適用性の検証を行なう。

研究項目(ii)については巻き取られたフィルム層間の空気膜の影響を考慮した巻き取りロール内部の応力解析モデルを提示し、写真2及び図1に示す巻き取り試験装置(本研究経費にて設計・製作)を用いて実際に巻き取られたロール内部の応力測定を行ない、前述の解析モデルの検証を行なう。

### 4. 研究成果



写真2(a) 巻き取り試験の様子



写真2(b) ひずみゲージによる半径方向応力の測定

本研究により項目2で述べた研究目的は

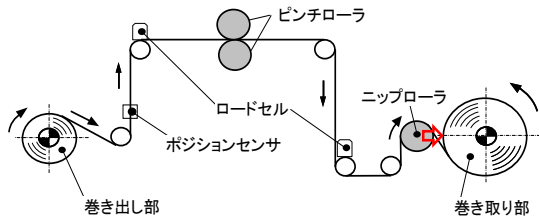


図1 巻取試験装置の構成

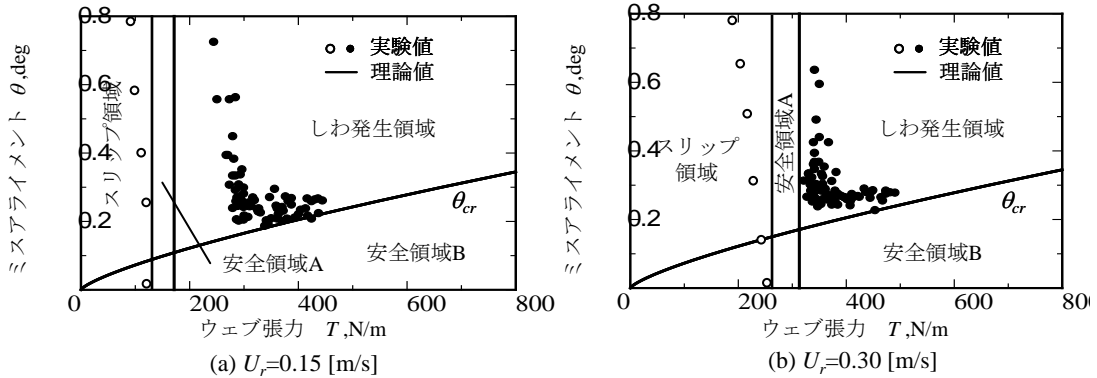
すべて達成されたが、以下にそのうちのいくつかの事例を示す。

図2は、様々な条件下におけるフィルムの安全搬送領域の理論予測結果の妥当性を実

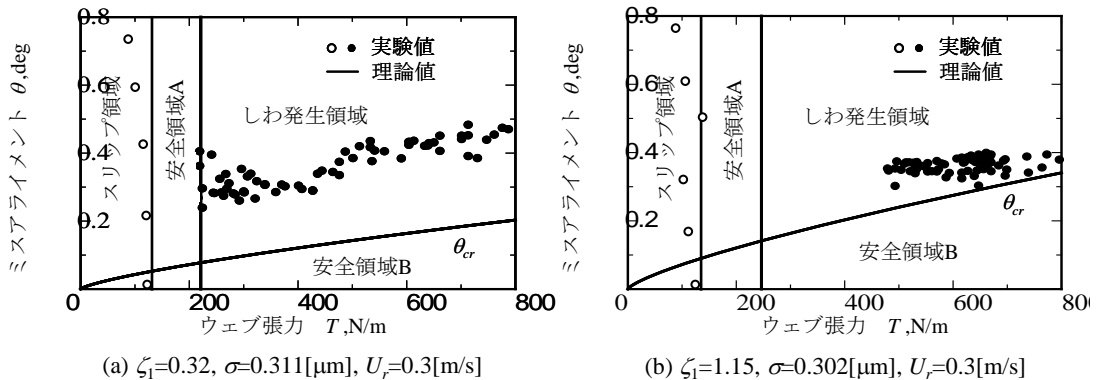
スリップの発生点を、黒丸は折れしわの発生点を、また実線は理論予測値を示している。なお、フィルムとしてPETフィルムを使用している。理論によって求めた安全領域A、Bではスリップも折れしわも殆ど生じないことが確認される。

このような結果に基づいて、搬送時におけるスリップと折れしわの発生を有効に防ぐ方法としてマイクログループローラの使用を提案し、その設計手法を確立するとともに実験による妥当性の検証を行っている。

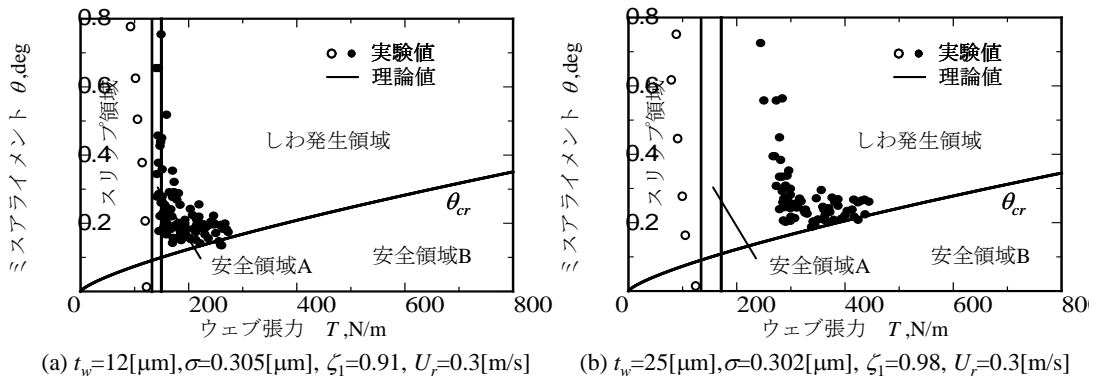
次に巻き取り問題に関する主要な研究成



(i) 搬送速度の影響



(ii) ヤング率の異方性の影響



(iii) ウェブ厚さの影響

図2 ウェブディフェクト抑止効果の実験的検証例 (PETによる実験)

験により検証したものである。図中の白丸は | 果について述べる。

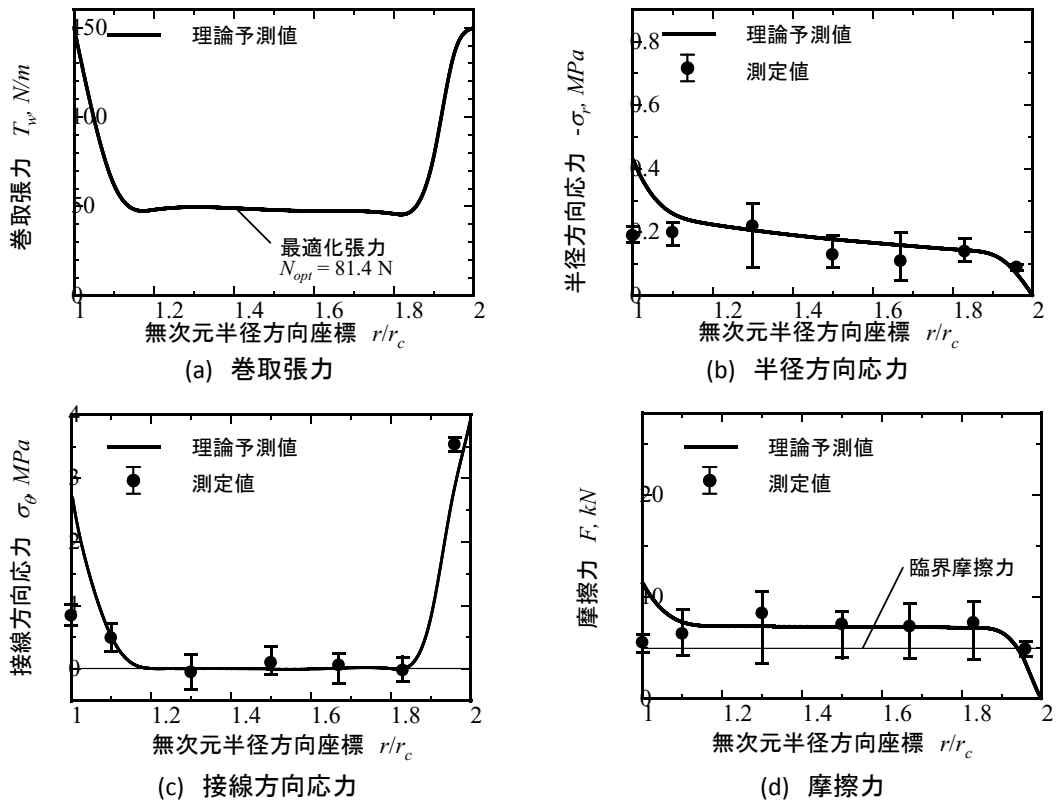


図3 理論予測結果の実験的検証 ( $U_c=1.0\text{m/s}$ )

図3は、最適設計理論に基づいて決定された最適張力で巻き取ったときの半径方向および円周方向応力と、層間摩擦力の理論予測値を実測値と比較したものである。理論予測値と実測値は定性的にも定量的にも満足すべき程度に一致しており、本理論モデルが妥当なものであることがわかる。

図4は、図3に示した最適張力とテーパテンション（テーパ率 $\phi=0.8$ 、ニップ荷重 $N=50\text{N}$ ）で実際にウェブを巻き取り、落下衝撃試験[50G（重力加速度の50倍）に相当]によりテレスコープ（スリップ）の発生の有無を調べた結果である。テーパテンションで

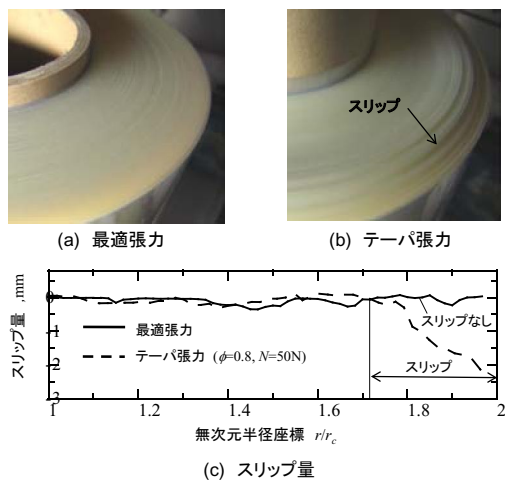


図4 スリップの発生実験

巻き取った場合には、ロール外周部のかなり

広い範囲にわたってスリップが生じているのに対して、最適張力で巻き取った場合にはスリップもしわも一切生じておらず、ロールディフェクトの防止に関して本手法の劇的な効果が認められる。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計48件）

- ① H. Hashimoto, Theoretical and Experimental Investigation into Generation of Wrinkling and Slip in Plastic-Films under Transportation, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, Vol. 4 No. 1, 2010, pp.238-248.
- ② S.Hikita, H.Hashimoto, Improvement of Slippage and Wrinkling of Transporting Webs Using Micro-Grooved Rollers, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, Vol. 4 No. 1, 2010, pp.226-237.
- ③ H.Hashimoto, P.Jeenkour, M. Mongkolowongrojn, Optimum Winding Tension and Nip-load into Wound Webs for Protecting Wrinkles and Slippage, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 査読有, Vol. 4 No. 1, 2010, pp.214-225.

- ④ H.Hashimoto, Optimization of Wind-Up Tension of Web Preventing Wrinkles and Slippage, Trans. ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, 査読有, Vol. 130 No.3, 2009, pp.054501-1 - 4.
- ⑤ 神田敏満, 朱峰承興, 橋本巨, コート剤を塗工したウェブにおける巻取り不良の防止, トライボロジスト, 査読有, 第 54 巻, 2009, pp.44-53.
- ⑥ M.Sasaki, K.Tanimoto, k.Kohno, S.Takahashi, H.Kometani, H.Hashimoto, In-Roll Stress Analysis Considering Air-Entrainment at the Roll-Inlet with the Effect of Grooves on Nip Roll Surface, Journal of Advanced Mechanical Design, System, and Manufacturing, 査読有, Vol.2, 2008, pp.133-145.
- ⑦ 橋本巨, 桐部繁嘉, フィルムの巻取りロール内部におけるしわとスリップの防止を目的とした張力の最適化, トライボロジスト, 査読有, 第 52 巻, 2007, pp.533-545.
- ⑧ 橋本巨, 揖斐康裕, 桐部繁嘉, トラクション力により搬送される連続紙のしわ発生予測, トライボロジスト, 査読有, 第 52 巻, 2007, pp.434-444.

[学会発表] (計 32 件)

- ① H.Hashimoto, Flexible media feeding and handling, International Conference on Flexible and Printed Electronics, 2009 年 11 月 13 日, Jeju Island, Korea.
- ② H.Hashimoto, Importance of Web Handling Technology -The Future Is a Flexible-, 2009 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment, 2009 年 6 月 18 日, Tukuba International Congress Center.
- ③ H. Hashimoto, Technical and Experimental Investigation into Generation of Wrinkling and Slip in Plastic-Films under Transportation, 2009 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment, 2009 年 6 月 18 日, Tukuba International Congress Center.
- ④ H. Hashimoto, Optimization of Wind-Up Tension of Webs Preventing Wrinkles and Slippage with Experimental Verification, IWEB2009 Tenth International Conference on Web Handling, 2009 年 6 月 8 日, USA, Oklahoma State University.
- ⑤ H.Hashimoto, Optimization of In-roll Stress Distributions for Preventing Wound Roll Defects, 1st International Conference on R2R Printed Electronics 2008, 2008 年 4 月 30 日, Konkuk University, Korea.
- ⑥ H.Hashimoto, Optimization of In-roll Stress

Distributions for Preventing Wound Roll Defects, Ninth International Conference on Web Handling, 2007 年 6 月 12 日, Oklahoma State University, USA.

- ⑦ 橋本巨, 河野和清, 谷本光史, 佐々木将志, 高橋定, トラクション搬送による世界最高速製紙機械 (技術賞受賞講演) トライボロジー会議 東京, 2007 年 5 月 29 日, 東京, 国立オリンピック記念青少年総合センター.

[図書] (計 4 件)

- ① 橋本巨 他, 化学工業社最近の化学工学 60 先端産業における最新塗布技術の応用事例, 化学工業会編, 2009, pp. 22-35.
- ② 橋本巨, 株式会社 加工技術研究会, ウェブハンドリングの基礎理論と応用, 2008, pp. 1-311.
- ③ 橋本巨 他, サイエンス&テクノロジー株式会社, フィルム製造プロセスと製膜, 加工技術, 品質制御 第 8 章, 2008, pp. 419-444.
- ④ 橋本巨 他, 株式会社トリケップス, 最新 高精度紙搬送設計とトラブル対策, 2007, pp. 9-10, 163-178.

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: 搬送ローラおよびウェブガイド機構  
 発明者: 若松 健一郎, 橋本巨  
 権利者: 若松 健一郎, 橋本巨  
 種類: 特許  
 番号: 特許公開 2010-47372  
 出願年月日: 20 年 8 月 21 日  
 国内外の別: 国内

名称: 搬送ローラおよび膜電極接合体の製造装置、製造方法  
 発明者: 若松 健一郎, 橋本巨  
 権利者: 若松 健一郎, 橋本巨  
 種類: 特許  
 番号: 特許公開 2009-298496  
 出願年月日: 20 年 6 月 10 日  
 国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 巨 (HASHIMOTO HIROMU)  
 東海大学・工学部・教授  
 研究者番号: 40130877