

## (5) タイトル：カラーオンデマンド定着技術

(採用機種：LBP5100、LBP5400、LBP5900SE 等)

内田 理夫

キヤノン株式会社 周辺機器開発センター 主幹研究員

### 1. はじめに

レーザープリンタの定着方式は、現在においても熱ローラ定着方式が主流であり、長年に渡って使われている。熱ローラ方式は、その熱容量の大きさから、定着器がプリント可能な温度に達するまでに長い時間を必要とする。その為、オンデマンドプリントアウトを求める場合には定着器を常に高温に保っておく必要があり、少なからぬ待機電力が必要である事から省エネルギーに対しては不利といわれている。

以上の背景と、昨今の環境問題の重要性が高まる中、省エネルギー化とオンデマンドプリントアウトの両立という要望に対し、当社ではモノクロレーザープリンタにおいて、ポリイミドフィルムとセラミックヒーターを用いた独自のオンデマンド定着器(以下 ODF、On Demand Fuser)を完成させ、1993 年発売の LBP-A404G に搭載した。

又カラー-LBP においても、電鍍加工によって製造した薄肉円筒状ニッケルフィルムの表層にシリコンゴムの薄肉弾性層を形成したベルト用い、ニッケルフィルムを渦電流で直接発熱させる IH 加熱方式の定着器を搭載した LBP2810 (A3 機)、LBP2510 (A4 機)を 2002 年に発売し、省エネルギーとオンデマンドプリントの両立を推進した。IH 定着方式はその後モノクロ高速機である iR6570 (65 枚/分)にも展開を行っている。

その後、更なる小型化、低コスト、高速化に対応した省エネルギーのカラー定着技術開発を進め、ODF で培った技術をベースに、カラーに対応したカラーオンデマンド定着器(以下 R-ODF)を開発し、2003 年発売の機種から順次搭載している。近年発表された LBP5100、LBP5400(図 1)、LBP5900SE 等は全て R-ODF を搭載している。以下、R-ODF 方式の主要技術の開発

について記す。



図 1 LBP5400

### 2. R-ODF 構成

#### 2 - 1. 基本構成

図 2 に新規開発された R-ODF の構成を示す。R-ODF の基本構成は、従来の ODF と同じく、薄肉定着フィルムと加圧ローラによって定着ニップを構成し、定着フィルム内部に配置されているセラミックヒーターによって、ニップ部の定着フィルム内面から熱を供給する構成となっている。従来の ODF と大きく異なるのは定着フィルムの構成であり、詳細は後述する。

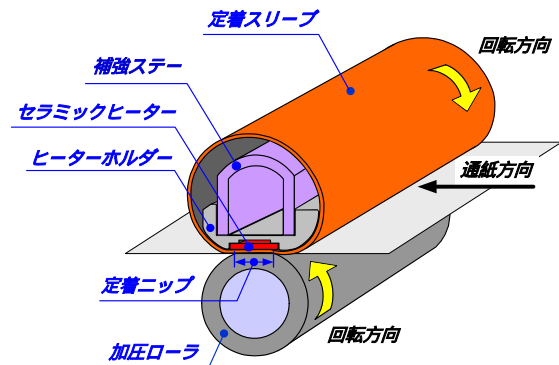
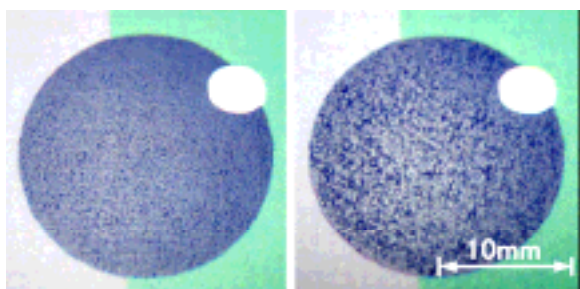


図 2 R-ODF の構成図

## 2 - 2 . 定着フィルム

### 1) 構成

ODF をカラーに適用する場合に課題となるのは、光沢度の均一性である。定着フィルムに弾性層を有しない場合、紙の微少な凹凸に対して熱が均一に伝わらない為、トナーの溶融状態の差による微細なグロスマラが発生することがある。図3は薄肉弾性層の有無によるカラー画像サンプルを示している。



弾性層有り                      弾性層無し  
図3 弾性層の有無での光沢度の均一性

この様に、定着フィルムに弾性層を付与する事による光沢度均一性の向上は明らかであり、光沢度の均一性を得る為には、定着フィルム表面が紙の凹凸に追従する様な柔らかさを持つ事が必要となる。このため、図4に示す様に、定着フィルムには、基層フィルム、Si ゴムによる薄肉弾性層、離型層としてPFAを有した構成になっている。基層フィルムはステンレス(以下SUS)、もしくはポリイミド(以下PI)のフィルムを用いている。両者の選択方法については後述する。

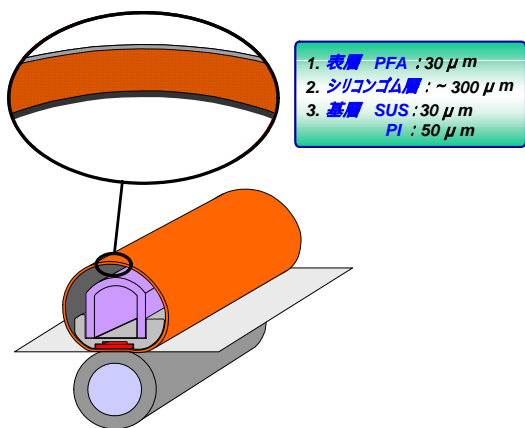


図4 R-ODF フィルム構成

### 2) 弾性層の厚み

1)で述べたように、グロス均一性は定着フィルムに弾性層を付与する事で改善される。しかしながら、弾性層の付与による定着フィルムの熱容量の増加と熱伝導率の低下により、定着立ち上げ時間が長くなる懸念が生じる。

図5は、同一電力を投入した場合のニップ内昇温カーブが、SUSフィルムに弾性層を付与する事によってどのように変化するかを測定したグラフである。

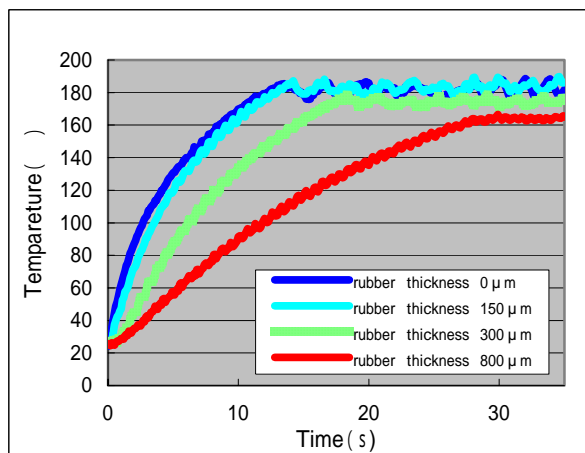


図5 フィルム表面温度とゴム厚さの関係

このグラフから、弾性層の厚みが150 $\mu$ mまでは立ち上げ時間に大きな差は無く、300 $\mu$ mでは明らかな差が発生し、800 $\mu$ mでは大きな影響を及ぼしている事が判る。

一方、グロス均一性の改善に必要な弾性層の厚みは、200~300 $\mu$ m程度であったために、立ち上げ時間の延長によるファーストプリントアウトタイムの遅延という新たな課題が生じる事になった。

以上の結果から、弾性層は必要最小限の厚みにすると共に、以下の3)と4)に述べる対策によって定着立ち上げ速度の改善を行った。

### 3) 熱伝導率の改良

定着フィルムの熱伝導率改善の為、弾性層とPIフィルムに付与する高熱伝導無機フィラの含有率や種類を変更し、弾性層、PIフィルム共に、熱伝導率の向上を行った。その結果、当社のIHF用定着フィルムで使用した薄肉弾性層や従来のODFで使用されているPIに比

べて約 50%の熱伝導率の向上を果たしている。

#### 4) SUS フィルムの薄肉化

SUS フィルムは約 30  $\mu\text{m}$  までの薄肉化を行い、フィルムの柔軟性を持たせ、ヒーターとの接触幅を広げて熱の伝達を向上させている。又、薄肉化により、後述するニップ形状の改良にも追従するしなやかさを確保している。

#### 5) PI フィルムと SUS フィルムの使い分け

図 6 は、ある一定電力の投入下において、基層フィルムが SUS と PI の場合での定着フィルムの表面温度とヒーター裏温度の上昇カーブを示している。PI フィルムが厚さ 50  $\mu\text{m}$ 、SUS フィルムが厚さ 30  $\mu\text{m}$  である。

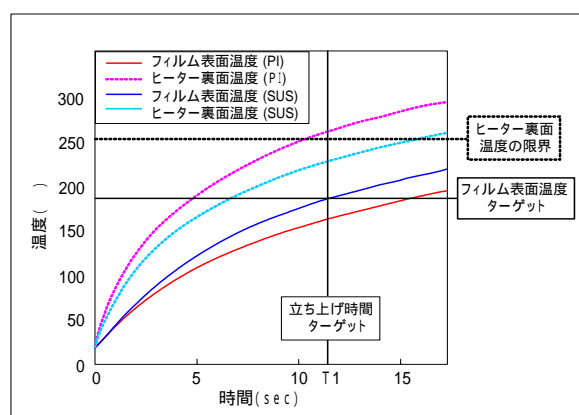


図 6 フィルム表面とヒーター裏面の温度上昇曲線

製品毎に要求されるファーストプリントアウトタイムから、定着立ち上げ時間の目標  $T1$  は設定される。これを実現する為には、

1)  $T1$  以内に定着フィルム表面温度が必要な定着温度に達する事

2)  $T1$  時のヒーター裏温度が限度以下である事が必要となる。ここで、ヒーター裏温度の限度とは、ヒーターを保持する樹脂部材の耐熱温度の制約によるものである。

定着フィルムの基層が SUS の場合は、熱伝導率が高いために、定着フィルム表面に熱が伝わりやすい。よって、フィルム表面温度の立ち上がりが早く、フィルム表面に熱が移動しやすいために、ヒーター裏温度の上昇カーブも緩やかである。

一方、基層が PI の場合は、熱伝導率が低いために定

着フィルムの表面に熱が伝わりにくい。よって、フィルム表面温度の立ち上がりが遅く、フィルム表面に熱が移動しにくいのために、ヒーター裏温度の上昇も早い。

図 6 の場合、立ち上げ目標時間  $T1$  において、SUS フィルム表面は目標温度に到達し、ヒーター裏温度も限界値に到達していない為、使用可能である。一方、PI フィルムの表面温度は目標温度に到達しておらず、かつヒーター裏温度も限界値を超えている為、この目標に対しての使用は適当ではない。

次に図 7 は、図 6 に比べて投入電力を 80% に抑えて温度上昇を緩やかにした場合の各部の温度上昇カーブである。投入電力を少なくする事で上昇カーブが緩やかになり、ヒーター裏温度は限度に到達する時間が長くなる。更に、立ち上げ目標時間  $T2$  を  $T1$  に比べて延長し、フィルム表面の目標温度ダウン等の条件が整えば、PI フィルムも使用可能である事が判る。以上の条件は、主に低速機の場合に当てはまる。

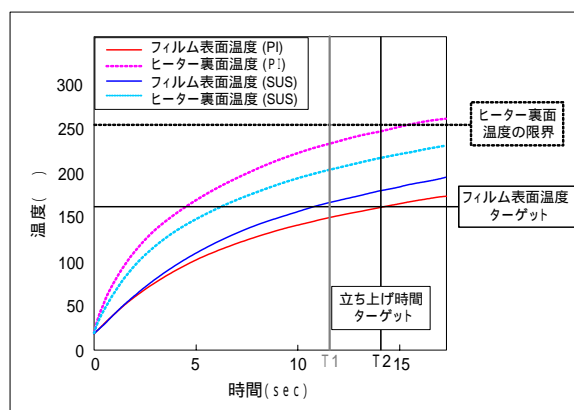


図 7 フィルム表面とヒーター裏面の温度上昇曲線  
(投入電力 80%時)

以上の様な熱特性と 2 種類の基層フィルムの特長である、PI フィルムではコストや様々な取り扱い面での優位性、SUS フィルムでは熱伝導率の優位性を考慮し、PI フィルムと SUS フィルムの適用領域を決定している。現在、PI フィルムは低速機 (~12 枚機程度)、SUS フィルムはそれ以上の中 ~ 高速機に採用している。

### 3. 熱的シミュレーション

#### 1) シミュレーションの概要

前段において、ゴムの厚みに対して、ある一定条件下での弾性層の厚み違いによるフィルム表面温度の時間的変化の実測の結果を示した。しかしながら、ゴム厚み・硬度・熱伝達率・熱容量、ニップ形状、プロセススピード、投入電力、温調温度等、様々な条件変化に対して、全ての組み合わせで実測を行い、最適構成を見出すには膨大な時間が必要になる。よって、これらの検討項目に対してシミュレーションによる伝熱解析から、最適な構成を予想する検討を行っている。伝熱解析は汎用ソフト（NASTRAN や ADVC）を独自に改良し使用している。ここでは、ゴムの厚みの違いを例にして熱伝達のシミュレーションを紹介する。

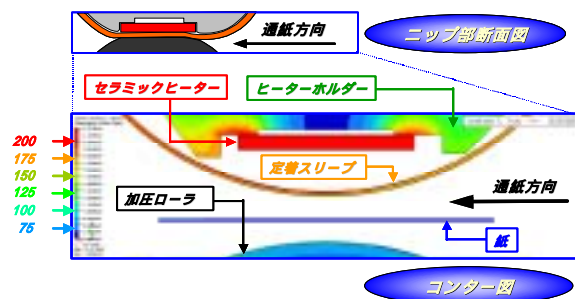


図8 ニップ近傍のコンター図

図8は、温度コンター図を示している。このシミュレーションは、二次元で定着器断面全域で行ってる。今回はこの図8に示すニップ近傍における温度コンター図で説明を行う。温度コンター図の断面形状は簡略化しており、各部品形状や接触状態は実物の断面形状と異なっているものの、計算上は各接触状態のパラメータを付加することで実物に即した状態でシミュレーションを行っている。

表示している温度と色の対応は図8で示す様になっており、この状態においては、

- ・ヒーターは 220 以上
- ・ヒーターホルダーの図示の部分は 125
- ・定着スリーブの内面は約 185
- ・加圧ローラ表面は約 110

という温度分布になっている。

## 2) ゴム厚み違いでの通紙中の温度コンター図

図9~11は、通紙中の温度変化の様子を表わした温

度コンター図である。二段で示してる上部がゴム厚150 $\mu$ m、下部が800 $\mu$ mの温度コンター図である。通紙部は、通紙が始まるまではグレーで示されている。又、スリーブ内面温度のターゲットは共に 185 で、ファーストプリントアウトの時間が同じになるように電力を調整している。

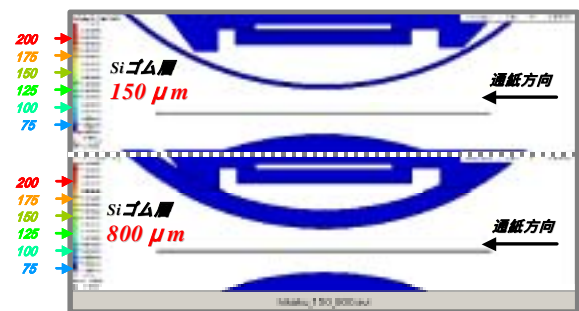


図9 初期状態

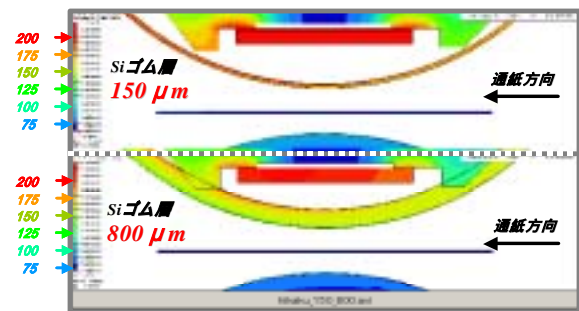


図10 18秒後の状態

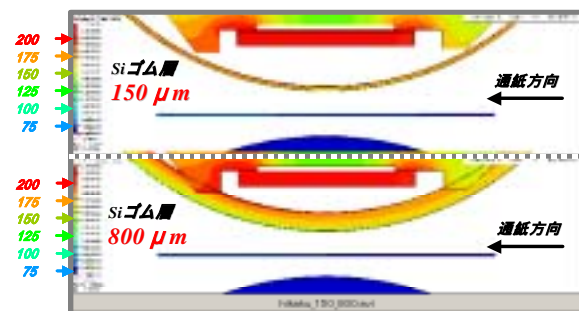


図11 35秒後の状態

図9は初期のコールド状態を表わしており、全体が70以下のブルーで表わされている。

図10はスタートから18秒後の状態を示している。18秒後にはスリーブ内面はゴム厚150 $\mu$ mの場合も800 $\mu$ mの場合も目標温度185に到達し、通紙が開始される。しかしながらゴム厚150 $\mu$ mの方はスリーブ表面

も十分昇温しているのに対し、ゴム厚 800 μmの方はスリーブ表面の昇温は不十分である事が判る。

図 11 はスタートから 35 秒後の状態を示しており、どちらもほぼ定常状態になっている。しかし、ゴム厚 150 μm に比べてゴム厚 800 μm の方は、通紙によって奪われた熱の供給が間に合わず、熱がスリーブ表面まで十分に拡散していないことが確認できる。

この様な手法によって要求されるファーストプリントアウトタイムや印字速度、定着温度、投入可能な電力等に対して、最適なゴム厚やニップの幅等の構成を予想出来る様になった。

### 3) シミュレーションと実測値比較

図 12 は、前述したシミュレーションと同条件の定着装置のニップ下流部におけるスリーブ表面温度変化を実測し、シミュレーションの値と比較したグラフである。このグラフから判るように実測値とシミュレーションの値は概ね一致している。ゴムの厚さ、熱伝導率の改善、ニップ形状の改善等の検討条件の変更に対して、定着の立ち上がり時間、温調温度と表面温度の差、通紙によるスリーブ表面温度の維持等の予想が概ね立てられるようになった

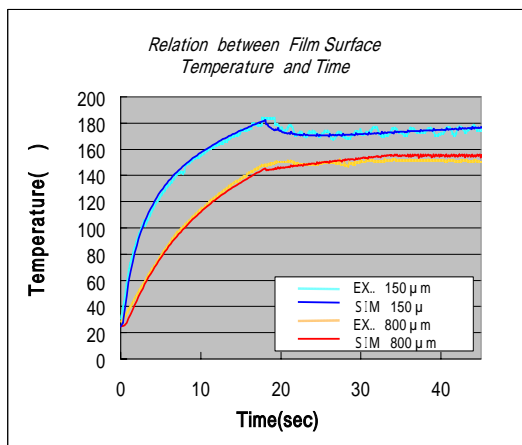


図 12 シミュレーションと実測値比較

## 4 . ニップ内圧分布の改良によるグロス制御

定着フィルムを用いた ODF 方式は、定着フィルムとヒーターの回転時摺動抵抗のために、熱ローラ定着方式に比べて高い定着圧の設定が困難である。しかしながら、熱ローラ方式に対して比較的ニップ形状を自由

に構成できるという特長を生かし、ニップ内の圧分布をコントロールすることで、グロスを制御する事が可能である。以下に、ニップ形状によるグロス制御技術を紹介する。

### 1) ニップ部上流での低圧ニップ部によるプレヒート構成

図 13 は、加圧ニップ上流部において、フィルムガイドによって定着フィルムを内部から加圧ローラ側に押し出し、ニップ部上流の定着フィルム外面を加圧ローラ表面に沿わせる様に構成したフィルム軌道タイプ A の様子を表わしている。

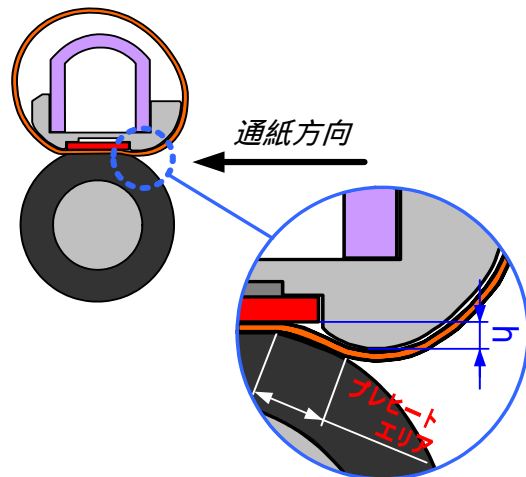


図 13 Type A (Pre-Heat Structure)

又図 14 はタイプ A において、図 13 で示す h とグロス値の関係を示している。

この様に、h の値によって、グロス値をある程度制御する事が可能であること確認された。しかし、h が

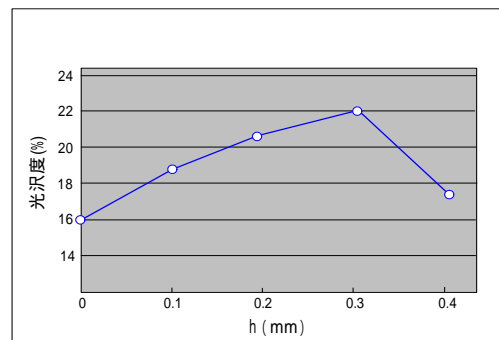


図 14 Pre-Heat effect of Type A

0.3 を越えるとグロスの急激な低下と共に、図 3 で示



したようなグロスが不均一になる現象が発生する。この現象をニップ内の圧分布を測定する事で検証した。

図 15 はニップ内の圧分布測定結果を示している。この測定結果が示すように、 $h$  が 0.2 においては、ニップの上流側に低圧部分の広がりが見られ、この部分でプレヒートが行われ、かつピーク圧の減少は少ない事がわかる。一方、 $h$  が 0.4 になるとニップは拡大しているものの、押し出した部分の圧上昇によってピーク圧が減少し、紙の凹凸に定着フィルム表面が沿わなくなっているためにグロスの不均一が発生したと考えられる。

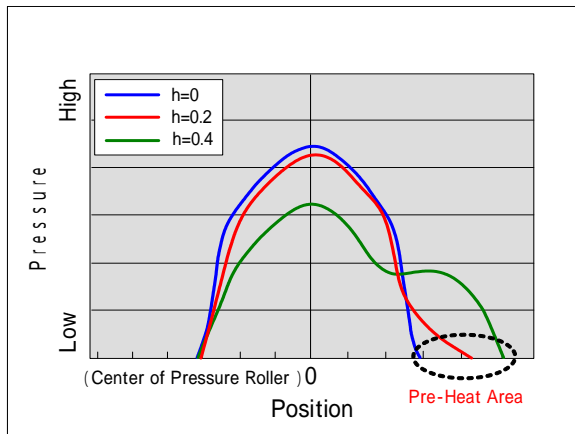


図 15 タイプ A のニップ内圧力分布

以上から、ピーク圧を確保しながらプレヒートを行う事がグロスアップには効果的なことが推察される。

## 2) 定着フィルムの上流側オフセットによるニップ下流側の圧アップ構成

図 16 は、定着フィルムを紙搬送上流方向にオフセットさせ、加圧ニップ下流部において、より高いピーク圧を得られる様に構成したフィルム軌道タイプ B の様子を表わしている。

定着フィルムの位置をオフセットすることによって、図 17 で示すようなニップ内の圧分布を形成し、ニップ後端においてピーク圧を得られるような構成になっている。この効果によって、オフセット無い状態に比べて約 25% のグロスアップを果たしている。

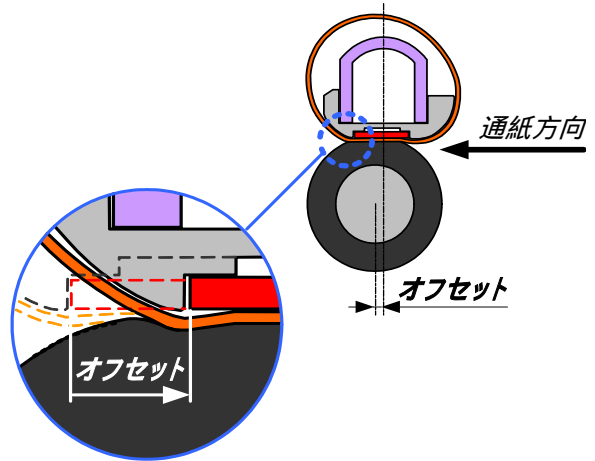


図 16 タイプ B (後端高压)

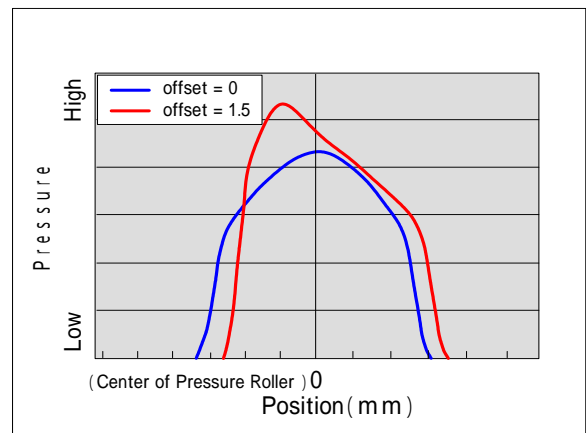


図 17 タイプ B のニップ内圧力分布

## 4. まとめ

ODF に改良を加えた R-ODF の開発により、IHF に続いて新たな小型で高性能、省エネルギー定着方式をカラーレーザープリンターに搭載した。この開発によって、カラー画像の定着時におけるグロスの均一性を確保できた。

又、弊社における IHF と比較し、トナー処方改良等も含め、概算で定着可能温度までの立ち上がり時間は 30% 短縮、グロス 80% 増を達成した。又、装置断面積で 40% 減、電源容積 90% 減とする事が出来た。

今後更に熱伝達や圧分布を材料面と構造面から追求し、高速化、高画質化を求め、開発に邁進したい。

## 参考文献

- 1) 伊澤悟,植川英治 :  
“ Japan Hardcopy 2003 ” 論文集,p9 ( 2003 )
- 2) 谷川耕一,竹内昭彦 :  
“ Japan Hardcopy 2003 ” 論文集,p41 ( 2003 )