

(2) IH 定着の加熱幅制御技術

(採用機種：imagio MP C3500/C4500)

上野 智志

株式会社リコー 画像エンジン開発本部 モジュール開発センター

1. はじめに

近年、オフィス向けデジタル複写機に於いて更なる省エネルギー性と高生産性の両立が求められている。リコーはモノクロ複写機に於いて独自の QSU 技術により高いレベルで省エネ性と高生産性の両立を達成している。

QSU 技術とは、モノクロ複写機に於いて、定着ローラの熱容量を小さくして昇温時間を短縮する事で、待機時の定着装置の予熱を無くし、消費電力を大幅に削減出来る技術である。

しかし、カラー複写機ではトナー層が厚く、モノクロ複写機に比べて定着により多くの熱量を要し、従来のハロゲンヒータによる加熱方式では QSU 技術の展開が困難であった。

そこで、この QSU 技術をカラー複写機に展開すべく新たに IH 技術を応用、これを「imagio MP C4500/3500 シリーズ」に搭載した。Fig. 1 に従来のカラー複写機と今回開発した「imagio MP C4500/3500 シリーズ」の消費電力の比較を示す。このように待機時に消費される電力が大幅に削減され、エネルギー総消費量は 7.0 kWh と従来と比較し約半分の削減に成功している。

しかしながら、IH 定着装置では加熱効率が良いために非通紙部が過昇温してしまう。そのため通紙幅方向の温度分布の均一化が課題であった。

先行他社で開発された類似機では幅の狭い用紙を通紙する際には、非通紙部の過昇温を防止するためプリントスピードを下げ、生産性を低下する構成となっていた。

今回リコーでは、様々なサイズの用紙に於いて生産性を落とす事なく通紙可能にする加熱幅制御技術を実機搭載した。

これは任意の幅に磁束を制御することが出来る磁束制御板で、必要な範囲のみを無段階に加熱する技術である。これにより全ての用紙サイズの通紙に対しても定着装置の温度を適正に保つことが出来る。

本論文では、リコー初の IH 定着によるカラー QSU 技術を搭載した「imagio MP C4500/3500 シリーズ」の紹介と、IH 定着の課題であった用紙幅対応性を克服した加熱幅制御技術を説明する。

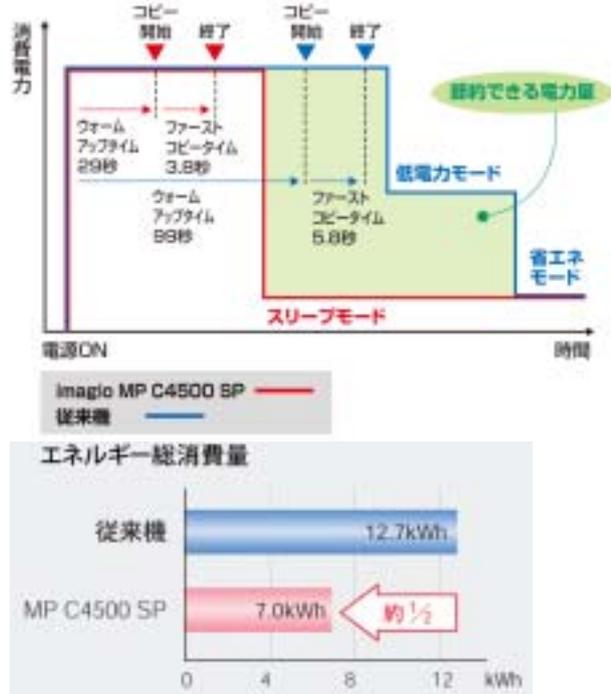


Fig. 1 Comparison of consumption energy.

2. imagio MP C4500/3500 の概要

「imagio MP C4500」はカラー毎分 40 枚 (A4 横送り) モノクロ毎分 45 枚 (A4 横送り) と高速。しかも両面印刷は、片面同速の高生産性を実現している。

ファーストコピーは「MP C4500」はモノクロ 3.9 秒以下、カラー 6.5 秒以下で従来機から 1 秒以上の短縮を実現している。

2-1 省エネ

リコー独自の省エネ技術「カラーQSU」を新たに採用しエネルギー総消費量を従来機と比べて約5割削減している。IH技術によって定着ベルトをすばやく定着温度まで温めることが可能なため、ウォームアップタイムを大幅に短縮でき、クラス最速のウォームアップタイムを実現。「MP C4500 シリーズ」は29秒以下、「MP C3500 シリーズ」は25秒以下を達成。省エネモードからの復帰時間も「imago MP C4500 シリーズ」は29秒以下、「imago MP C3500 シリーズ」は18秒以下を実現しており、使いやすさと優れた省エネ性能を両立。しかも用紙サイズにあわせて加熱する幅を制御することで、用紙サイズによる著しいコピー速度の落ち込みがなく、高い生産性を発揮している。

2-2 環境対応

RoHS指令（EU電気電子機器危険物質使用制限指令）に適合し、さらに、リコーが独自に定めた禁止物質（RoHS規制6物質群に、塩化パラフィンやHFCS、PFCS、SF6、アスベスト、PCB、PCN、PCT、オゾン層破壊物質、PVC（ポリ塩化ビニル）、TBTO、TBT/TPTを加えた16物質群）の使用制限基準にも適合している。

グリーン購入法や国際エネルギースタープログラム基準に適合しているほか、エコマークの複写機基準にも適合している。



Fig.2 imago MP C4500/C3500.

3. カラーQSU 定着

3-1 カラーQSU 定着の概要

QSUとはQuick Start Upの略で1999年にimagoNeo450（モノクロ複写機）で開発したリコー独自の定着技術で、定着ローラ肉厚を極限まで薄くして熱容量を削減し、ウォームアップタイム（復帰時間）を短縮することで、消費電力の削減に成功した技術である。このQSU技術をカラー複写機に展開したものがカラーQSU技術である。

従来、カラー複写機はモノクロ複写機に比べ、はるかに多くの熱量を必要とする。このためモノクロ複写機より熱容量的に大きな定着装置が必要で、これを生産性同等なカラー複写機（imago MP C4500の前身機）とモノクロ複写機（QSU技術搭載）のウォームアップタイムで比較すると、前者は99秒に対し、後者は12.5秒と、明らかな大差となって現れていた。

そこでリコーは、IH技術をカラー定着装置に展開し、モノクロQSU技術同様、熱容量を極限にまで下げ、必要な時に、必要な部位だけに熱を与えるカラー機初のQSU方式を開発し、革新的なウォームアップタイムを実現した。これがIH技術によるカラーQSU技術である。

3-2 IH技術

IHとはInduction Heating（誘導加熱）の略であり、基本原理はファラデーの電磁誘導の法則を利用したものである。

Fig.3に示すように、インバータにより発生させた高周波電流をコイルに供給し、被加熱部材近傍で交番磁界を発生させる。すると被加熱部材内部では逆起電力による渦電流が発生し、ジュール熱により被加熱部材自体が表面から発熱するものである。

IHの特徴として、

- ・電気エネルギーを直接被加熱材料に投入出来るので伝熱によるロスが無い。
- ・コイルの形状により必要な部分のみを加熱することが出来る。
- ・エネルギー変換効率が良い。
- ・電源電流をコントロールすることにより温度制御

が迅速且つ容易に行える。
等が挙げられる。

リコーでは以上のような IH 技術を利用し、IH ベルト
定着を開発した。

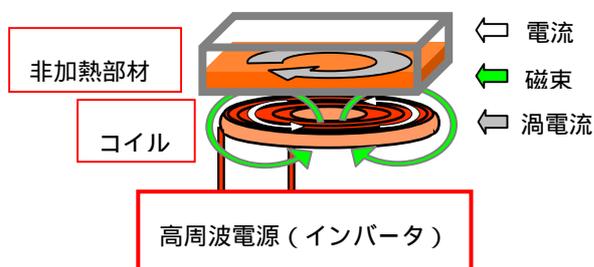


Fig.3 Principle of Induction Heating.

3-3 IH ベルト定着の概要

IH ベルト定着装置は Fig.4 に示すような構成をして
いる。定着ローラおよび加熱ローラにより定着ベルト
が張架され、定着ローラと加圧ローラが定着ベルトを
挟みニップを形成している。加熱ローラにより加熱さ
れた定着ベルトが回転に伴い熱をニップ部に伝え、紙
に付着した未定着トナーはこのニップ部に於いて熱と
圧力により紙に定着する。

定着ローラに弾性体のスポンジローラを用いる事で、
トナーに十分な熱量を与えるための広いニップを得て
おり、同時に紙分離性も確保している。

定着ベルトを加熱するための加熱ローラは従来
Fig.5 に示すように、ハロゲンヒータを内部に配置し
ているが、IH ベルト定着では加熱ローラの外周に沿う
ようにして IH コイルを配置し、加熱ローラ内部にはフ
ェライトローラを配置している。

従来のハロゲンヒータ方式では、アルミや鉄製の加
熱ローラ内部にヒータを配置し、輻射熱によって加熱
している。その熱変換効率は 85%程度と言われている。

一方、IH 方式では、コイルに高周波電流を流し、ロー
ラに渦電流を発生させる事でジュール熱により直接加
熱することができ、熱変換効率は約 90%と効率的に加
熱することが出来る。

また、ハロゲンヒータ方式では加熱ローラ全体を内
部から表面に向けて徐々に加熱するのに対して、IH 方
式では加熱ローラのベルトに接触している部分のみを

表面から加熱するため無駄な放熱が少なくベルトを加
熱することが出来る。

さらに、IH コイルを加熱ローラ外部に配置した事に
より、以下のような利点が得られる。

- ・構成上、加熱ローラ内部にコイルを配置した場合に
比べ、効率の低下を招く IH コイルの自己発熱を抑
えやすい。
- ・定着装置の寿命による交換時期がきてもコストの
掛かるコイルを交換する必要が無い。

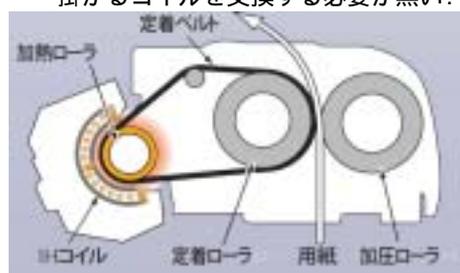


Fig.4 IH Belt-Fusing-Unit.

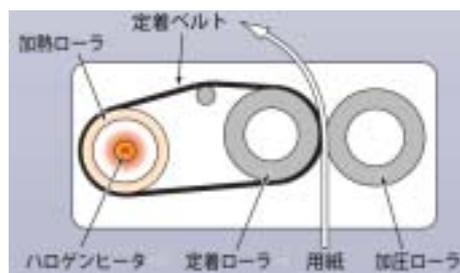


Fig.5 Halogen Belt-Fusing-Unit.

3-4 加熱部構成

Fig.6 により具体的に IH による加熱部の説明をす
る。

Fig.6 は IH コイル、加熱ローラ、フェライトローラの
軸方向上の断面を示している。

軸方向に沿うように巻かれたコイルから磁束が発生
し、コイル筐体側のアーチ型フェライト、及び加熱ロー
ラ内部のフェライトローラにより磁路が形成される。
コイルで発生した磁束はその磁路により外部に発散す
る事無く加熱ローラに導かれる事が図より解る。

加熱ローラは非磁性体の薄肉 SUS で出来ており表面
に銅メッキを施している。コイルから発生させた磁束
により銅メッキ上で渦電流を発生させ、電気抵抗によ
りそれを効率よくジュール熱に変換することが出来

る。

この表面から急速に熱せられた加熱ローラの熱はそのまま即ベルトへ熱伝達される仕組みである。

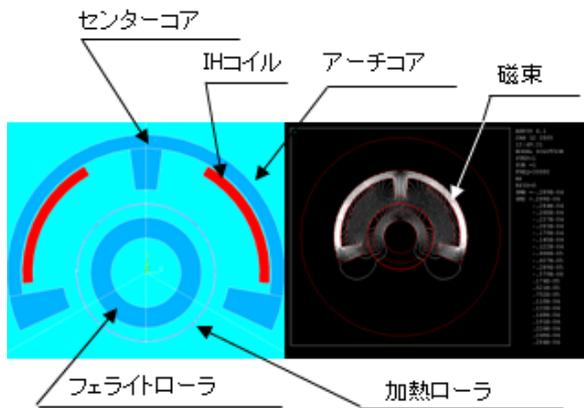


Fig.6 Distribution of magnetic induction.

3-5 端部温度上昇問題

エネルギーの必要な生産性が高い定着装置、または熱伝導しづらい低熱容量の定着装置では幅の狭い用紙を連続で通紙した際に、定着ベルト、定着ローラ等の部品上で用紙が通らない非通紙部に於いて過度に温度が上がってしまうという課題がある。これを端部温度上昇と呼ぶ。

定着ベルト及び定着ローラは加熱源からの吸熱と用紙への放熱を繰り返す。通紙部では温度コントロールによって吸熱と放熱のバランスが保たれているが、非通紙部では放熱が行われず蓄熱し続ける。これが端部温度上昇の原因である。

今回リコーが実機搭載した IH 方式の定着装置も高生産性かつ低熱容量という特徴を併せ持つため、この課題を避けては通れない。

通常、ハロゲンヒータ方式の定着装置では、中央部のみのヒータ、端部みのヒータを用意し、それらをコントロールする事で端部温度上昇問題を回避している。しかし、IH 方式では前述の様に、通常軸方向に一樣にコイルを配置しているためハロゲンヒータ方式のような方法は採れない。

よって従来の省エネ機は、幅が狭い用紙ほど生産性を大幅に落とすか、限られた定型サイズのみ対応し他のサイズに関しては生産性を落とす、といった方法で

この問題を回避している。

しかしリコーは、以上のような端部温度上昇問題を解決するために生産性を犠牲にするのではなく、加熱幅を的確にコントロールすることにより全ての用紙サイズに対して望ましい発熱分布を可能にした。

4 . 加熱幅制御技術

4-1 磁束制御板

IH 方式による加熱範囲を規制する方法として磁束を遮蔽する方法が知られている。

原理としては、被加熱部材近傍に銅などの電気抵抗が低い磁束制御板を配置する。コイルから発生する磁束はこの磁束制御板に渦電流を発生させ、発生した渦電流によりコイルからの磁束を打ち消す方向に磁束制御板から磁束が発生する。結果としてコイルから発生する磁束が減少し、この効果により被加熱部材の発熱が抑制される。

磁束制御板としては発生した渦電流がジュール熱に変換されづらいように電気抵抗が低い必要があり、同時に渦電流が到達しづらくする厚さ（浸透深さ）よりも厚くなければ十分な磁束遮蔽効果は得られない。浸透深さは磁束制御板の体積抵抗率、透磁率及びコイルに流れる高周波電流の周波数により決まる。

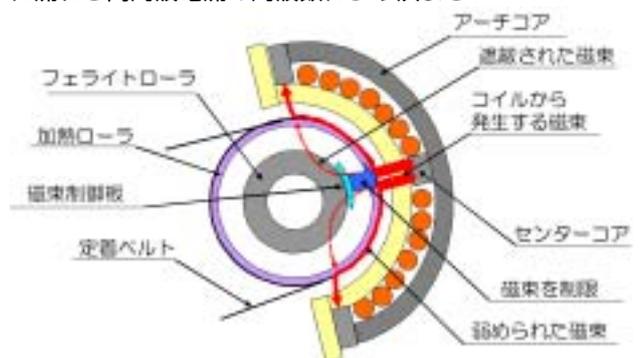


Fig.7 conceptual diagram of magnetic flux control .

IH ベルト定着方式に以上の手段を用いるための概念図を Fig.7 に示す。磁束制御板は選択した用紙サイズの非通紙部分に合わせて、加熱ローラ内部のフェライトローラ表面に配置する。フェライトローラは加熱

ローラに対して独立して回転する。用紙により必要に応じて磁路の中心となるセンターコアに磁束制御板を向けることで非通紙部の磁束は遮蔽され端部温度上昇が防がれる。

4-2 無段階加熱幅制御の構成

フェライトローラ上で軸方向に一樣な形状の磁束制御板では限られた用紙サイズに対してしか対応できない。しかしながら市場には様々なサイズの用紙が存在する。

そこでリコーは今回 Fig.8 に示すように、軸方向の加熱幅が無段階に変化する形状の磁束制御板を開発した。

加熱ローラ内で、Fig.8 に示すフェライトローラの角度を制御することにより、全ての用紙サイズに対応して磁束を遮蔽することが可能となる。つまり、A3 サイズの用紙に対しては磁束制御板をコイル側センターコアの反対側に配置するようにし、逆にハガキサイズの用紙に対しては磁束制御板がもっとも広い範囲をセンターコアに正対させる。

また北米で使用されるレターサイズ、リーガルサイズや、ユーザー特有の不定形紙にも対応可能である。

今回リコーでは、磁場解析により磁束制御板の機能をシミュレートし、また磁束制御板の材質、厚さ、コイルとの距離、フェライトローラの外径等、いくつかの設計パラメータ及び外乱を抽出し、最適な効果とロバスト性が得られるようパラメータ決定を行った。これにより磁束制御板は最適な形状が得られている。

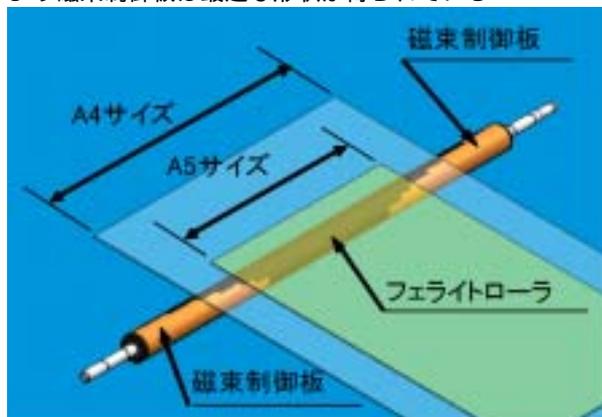


Fig.8 Nonstep magnetic flux control system.

4-3 制御方法

一般的に端部温度上昇は用紙サイズ以外の条件にも大きな影響を受ける。

例えば機械が立ち上がり間もない時には端部の熱量も十分ではないので、幅の狭い用紙だとしても加熱幅を狭めるべきではない。逆に A3 用紙だとしても大量に連続通紙される場合は端部の加熱を制限すべきである。また機械の置かれる環境、用紙の厚さ、用紙の種類などにより端部温度上昇の具合は様々である。

今回リコーが開発した磁束制御板は、あらゆる状況に対して様々な加熱幅の制御が可能である。

具体的には、定着ベルト端部に配置された温度検知サーミスタ、加圧ローラの温度検知サーミスタなどの情報によるフィードバック制御を行い、リアルタイムで最適な加熱幅制御をしている。

このことは用紙サイズの情報のみでオープンループ制御を行うシステムに比べて非常に高いロバスト性を確保し、生産性の低下を回避する効果を得ている。

5 . まとめ

IH 技術を用いたカラーQSU 定着に於いて独自の加熱幅制御技術を確立した。これにより、あらゆる用紙サイズに対して安定したロバスト性を持たせつつ高い生産性を維持し、クラス最高レベルの実力で省エネとユーザビリティの両立に成功した。

謝辞

最後に、IH 定着の紙幅制御技術の開発にあたり、関連する多くの方々に御指導、御支援をいただきましたことを心より感謝致します。

禁無断転載

2007 年度

ビジネス機器関連技術調査報告書(“ 3 ” 部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋 3-25-33

NP 御成門ビル 4F

電話 03-5472-1101

FAX 03-5472-2511