

(2) 外部ベルト加熱定着システムの開発

(採用機種：デジタルフルカラー複合機 MX-5500N/6200N/7000N シリーズ)

香川 敏章、前田 智弘、山地 博之、朝倉 建治

シャープ株式会社 ドキュメントシステム事業本部 ドキュメント商品開発センター

難波 豊明

シャープ株式会社 ドキュメントシステム事業本部 ドキュメントシステム事業部

木田 裕士

シャープ株式会社 ドキュメントシステム事業本部 サプライ事業部

1. はじめに

近年、オフィス環境の変化やカラー化ニーズに対応して、デジタル複合機のカラー化、高速化が急速に進展してきている。図1に示すように、デジタル複合機では電力の約70%が定着で消費され、また図2に示すように、定着での消費電力は、ほぼ速度に比例す

ると同時に、モノクロに比べてカラーでは約2倍に増加することから、カラー高速機においては、定着での省エネルギー化が大きな課題となっている。

こうした背景から、我々は理論解析によりカラー高速定着システムの省エネ化を達成する為の技術課題と開発指針を定め、この指針に基づいて、高速化と省エネ化を両立させた新規カラー定着システム（外部ベルト加熱定着方式）を開発し、2006年5月に発売したデジタルフルカラー複合機 MX-5500N/6200N/7000N シリーズ（図3）に搭載した。本稿では、この外部ベルト加熱定着システムを構成する各要素技術と、本定着システムによる省エネ効果について紹介する。

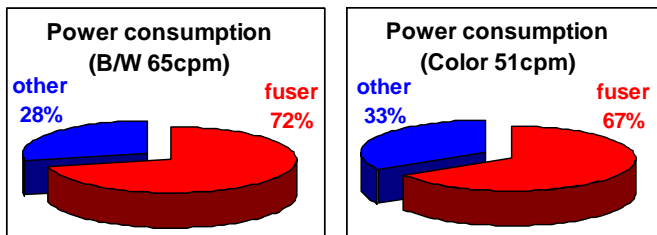


図1. デジタル複合機における消費電力比率

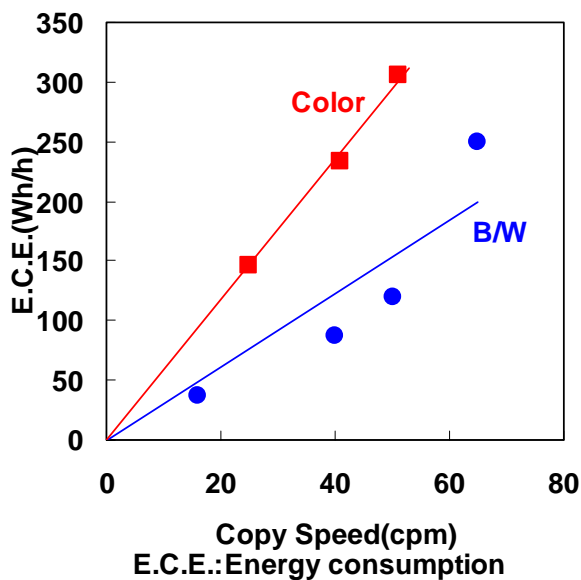


図2. 定着における消費電力（エネルギー消費効率）



図3. MX-7000N 外観

2. カラー高速定着における課題

カラー定着では、モノクロ定着とは異なり、加圧ローラ側だけでなく定着ローラ側にも弾性体（ゴム）を被覆したソフトローラが用いられる。これは、ローラ表面がトナー層の凹凸に沿って変形・密着し均一に溶融することで広い色再現域を得ると同時に、変形が開放されるとき界面でのずれによってトナーとの付着力を低減し、トナーとの離型性や用紙との剥離性を向上させるためである。しかしながら、弾性体であるゴムは熱伝導性に劣るため熱応答性が悪く、高速（70枚/分）で連続通紙した場合、図4に示すように定着ローラの表面温度が低下してしまい、必要な温度を維持できないといった問題がある。

これを補う為には、定着ローラ径や投入電力を大きくする必要があり、その結果、消費電力が増加してしまうといった課題があった¹⁾。

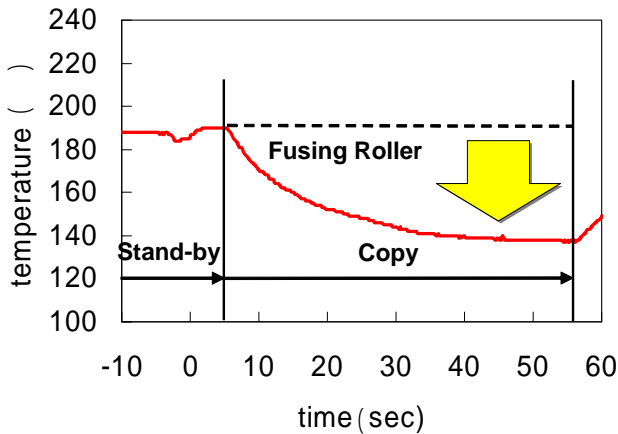


図4. 従来カラー高速定着器の温度追従性（70cpm）

3. 外部ベルト加熱定着システム

3.1 定着システム構成

図5に今回開発した外部ベルト加熱定着システムの断面構成を示す。

外部加熱ベルトは、各々、内部にハロゲンランプを有する2本の外部加熱ローラに懸架されて定着ローラに圧接されており、定着ローラに従動して回転することで、定着ローラ表面を加熱するよう構成されている。

更に、外部加熱ベルトの汚れを防止し、且つ定着ローラをクリーニングするため、外部加熱ベルトの当接

部上流側にクリーニングウェブを設けた。

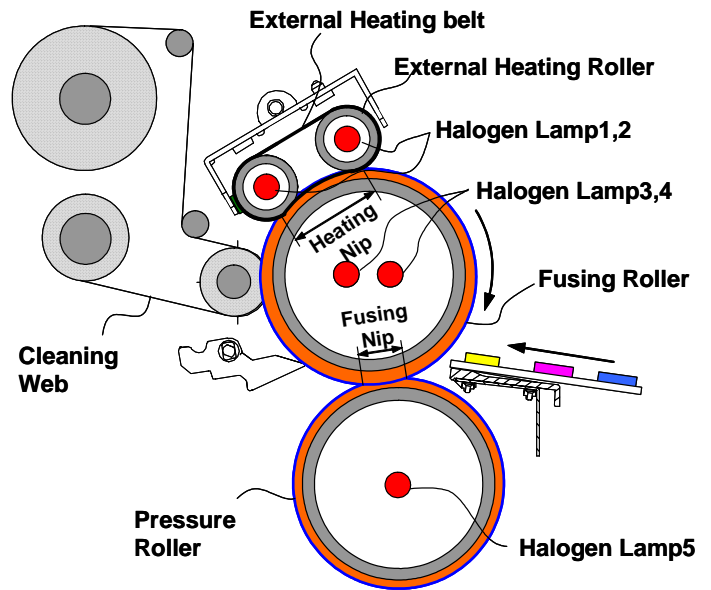


図5. 外部ベルト加熱定着システム構成

3.2 外部ベルト加熱定着技術

従来、外部加熱技術としては、加熱ローラを用いた方式（外部ローラ加熱方式）が既に実用化されているが^{2,3)}、外部ローラ加熱方式では加熱ニップ幅が狭く（約2mm）、2次元伝熱シミュレーションにより検討した結果、図6に示すように、加熱効率（＝外部加熱手段から定着ローラに伝わった熱量／外部加熱手段の消費電力）としては約30%程度であることがわかった。

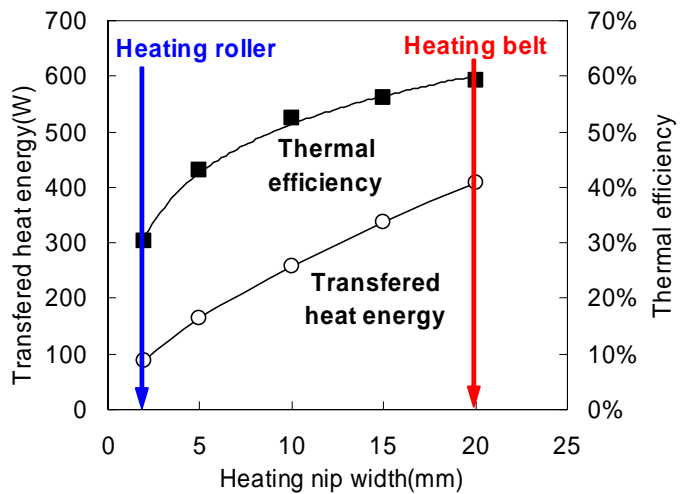


図6. 外部加熱方式による加熱能力比較（シミュレーション）

一方、今回開発した外部ベルト加熱方式では、加熱ニップ幅が20mmと、外部ローラ加熱方式に比べて約10倍に拡大することができるため、加熱効率を約2倍（60%）に向上することができた。

これにより、図7に示すように、70枚/分のコピー速度でも定着ローラの表面温度は低下せず、温度追従性を大幅に改善することができる。

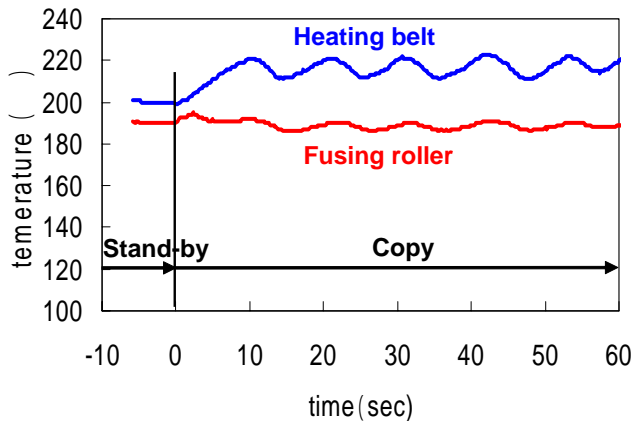


図7. 外部ベルト加熱定着器の温度追従性(70cpm)

3.3 ローラ低熱容量化技術

表1にコピー速度70枚/分で定着を行う場合の定着ローラの芯金温度を計算した結果を示す。

表1. 加熱方式による定着条件(シミュレーション)

	内部加熱方式		外部ベルト加熱方式
	50mm	110mm	50mm
定着ローラ直径	50mm	110mm	50mm
定着ローラ芯金温度	280	200	190

表1の結果から、従来のような内部から定着ローラを加熱する構成では、定着ローラのゴム層の熱伝導性が悪い場合、高速化した場合、定着ローラの芯金温度が上昇しすぎてしまい、ゴム層と芯金との界面で破壊が生じてしまうことがわかる。この課題に対応するためには、ゴム層を薄くし、その分、定着ローラ径を大きくすることで必要な定着ニップ幅を確保する必要があり、定着ローラの低熱容量化が困難となる。

一方、外部ベルト加熱方式では、定着ローラの外部から効率的に熱が供給されるため、ゴム厚を厚くしても芯金温度を低く維持することができ、これにより定着ローラの小径化、低熱容量化を実現した。

3.4 ベルト蛇行抑制技術

図8に外部加熱ベルトの懸架機構を示す。

外部加熱ベルトを懸架している2本の加熱ローラは、軸間が固定された構成となっており、これにより2本の加熱ローラの平行度を確保することで、加熱ベルトの寄り力の低減を図っている。

また、外部加熱ベルトの周長と加熱ローラの軸間距離を最適化すると同時に、定着ローラの外周面の曲率を利用して定着ローラにテンションローラとしての機能を持たせることで、外部加熱ベルトに適切なテンションが付与されるよう構成した。

更に、外部加熱ベルト端部と軸受との間に従動カラーを配置することで、外部加熱ベルト端部が軸受と摺動して割れるのを防止している。加えて、外部加熱ベルト材としては、耐熱性と機械的強度に優れたポリイミド材料を用い、フィラーを添加することで機械的強度の向上を図った。

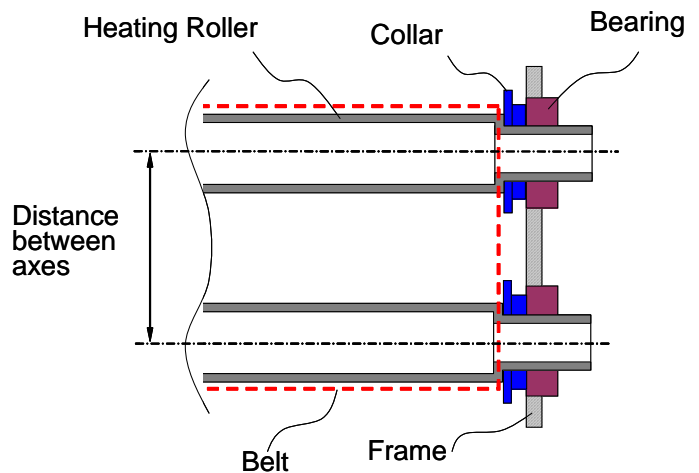


図8. ベルト蛇行抑制機構

3.5 電力最適制御技術

図9に温度/電力制御システムの概略構成を示す。図8に示すように、本定着システムは、熱源として外部加熱ローラに各1本(HL1,HL2)、定着ローラに2本(HL3,HL4)、加圧ローラに1本(HL5)の計5本のハロゲンランプを使用している。外部加熱ローラ用の2本のランプは同じ定格電力のものを使用し、同期してON-OFF制御を行うことで、温度センサとしては1つの接触型サーミスタを共用した構成としている。

定着ローラ用の2本のハロゲンランプは、中央部加熱用(HL3)と端部加熱用(HL4)からなり、小サイズ紙通紙時の定着ローラ端部昇温の抑制を図っている。また、HL3用の温度センサとしては、画像領域内に設ける必要があることから、サーミスタの汚れや定着ローラに対する傷付け防止のため非接触型のサーミスタを用いている。

加圧ローラ用のハロゲンランプ(HL5)は、主に待機時に加圧ローラを加熱し蓄熱する目的のものである。各ハロゲンランプは位相制御により複数の出力電力レベルが設定されている。そして、本体全体として1.5kW以内で且つ最大限有効に電力が使用できるように、通紙時や待機時、ウォームアップ時等、各モードに応じて最適な組み合わせで、各ハロゲンランプの位相制御が行われる。

3.6 温度最適制御技術

本定着システムは当社高速カラー複合機MX-7000Nシリーズに搭載されているが、MX-7000Nはカラーモードでのコピー速度が41枚/分、モノクロモードでのコピー速度が70枚/分であり、2つのモード間での速度差が非常に大きい仕様となっている。

このような仕様の複合機に対して、従来のような内部加熱方式を適用した場合、3-3で述べたように定着ローラ径を大きくすることでモノクロ70枚/分のコピー速度に対応できたとしても、逆にカラーの41枚/分に対しては熱量過多の状態になってしまう。その結果、モノクロモードからカラーモードに切り替えた直後での高温オフセットや用紙の剥離不良等、またカラーモードからモノクロモードに切り替えた直後での低温オフセットや定着不良等の問題が発生してしまうことになる。

一方、本定着システムでは、外部加熱ベルトの加熱能力が非常に高いことに加えて、外部加熱ベルト自体の熱容量も非常に小さく、更に定着ローラを外部から加熱する構成であることから、定着ローラに供給する熱エネルギー量を、各モードに合わせて短時間に変更することが可能となる。

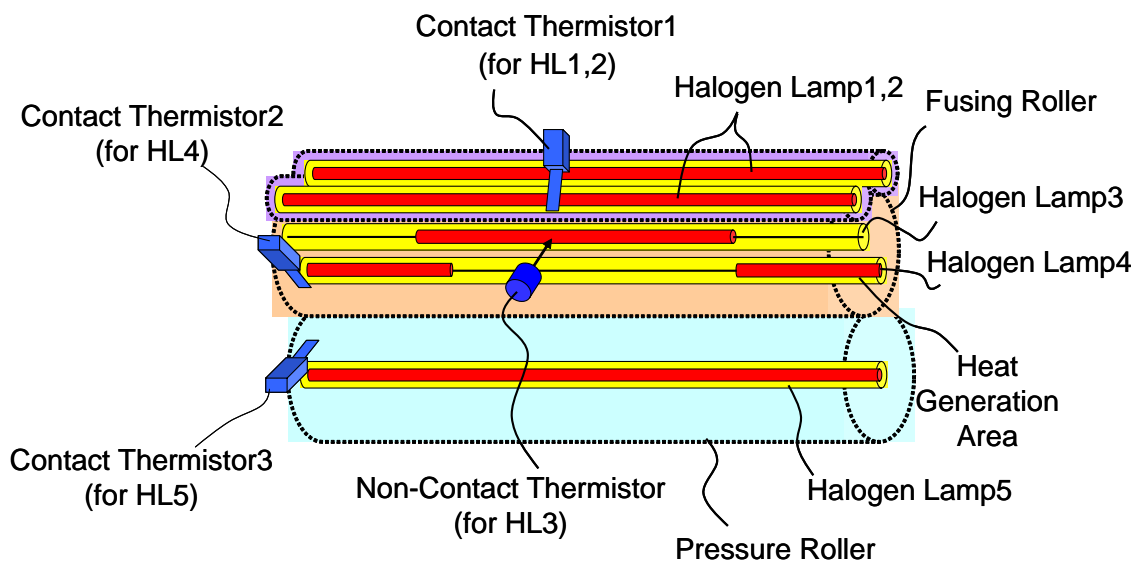


図9. 温度/電力システム構成

その結果、図 10 に示すように、モノクロモードとカラーモードの速度差が大きく、両モードに共通な非オフセット領域が非常に狭い場合であっても、モノクロからカラー、或いはカラーからモノクロの切り替えを即座に行うことができる。

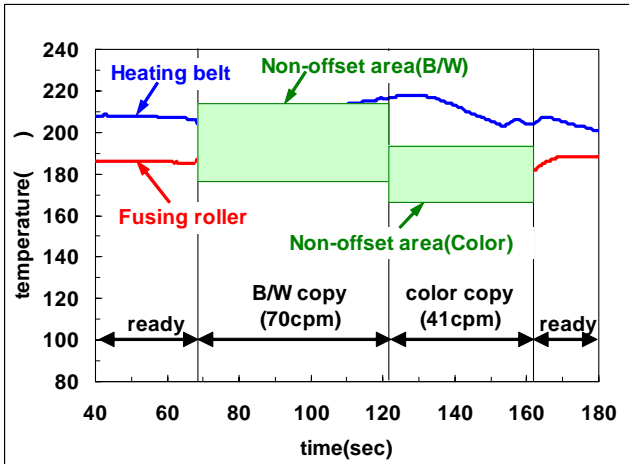


図 10. モード切替え時の温度制御特性

4. 性能評価（従来方式との比較）

本外部ベルト加熱定着システムを搭載したカラー高速複合機 MX-7000N と、従来の内部加熱方式を採用しているカラー高速複合機 (51cpm)、及び外部ローラ加熱方式を採用しているカラー高速複合機 (50~70cpm クラス) について、定着ユニットサイズ及び重量、ウォームアップ時間、エネルギー消費効率の観点から性能比較を行った。

4.1 小型化

表 2 に各方式での定着ユニットのサイズ及び重量を比較した結果を示す。これより、外部ベルト加熱方式

表 2. 定着ユニットサイズ及び重量比較

	サイズ比	重量比
従来カラー高速定着 (内部加熱方式、51cpm)	1	1
新規カラー高速定着 (外部ベルト加熱方式、70cpm)	0.64	0.5
従来モノクロ高速定着 (内部加熱方式、75cpm)	0.67	0.65

のカラー定着ユニットでは、従来の内部加熱方式のカラー定着ユニットに比べて容積で約 36%減、重量で約 50%減の小型軽量化を実現していることがわかる。

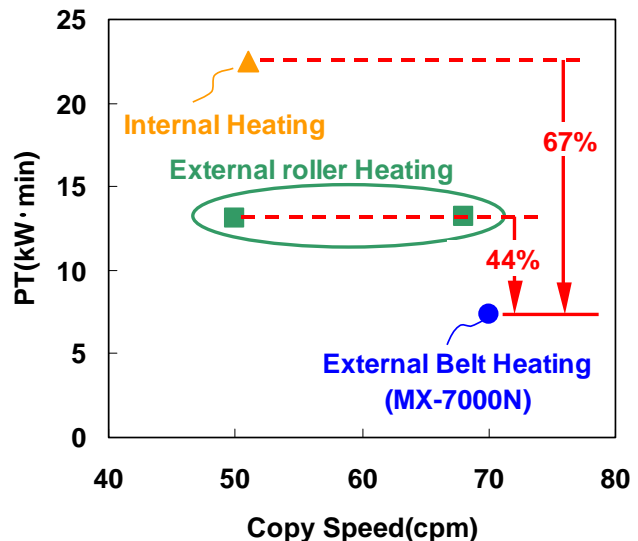
また、従来、カラーに比べて小型・軽量であるモノクロの高速定着ユニットと比べても同等のユニットサイズ及び重量を達成していることがわかる。

4.2 ウォームアップ時間

図 11 にウォームアップ時間の比較結果を示す。

ここでウォームアップ時間は、定着に投入される定格電力が大きい程短縮され、また一般的に複合機本体の定格電力の中で定着での定格電力の比率が非常に高いことから、ウォームアップ時間の比較としては、ウォームアップ時間 T (min) と本体定格電力 P (kW) との積 P T (kW・min) を算出することで行った。

図 11 より、外部ベルト加熱方式を搭載した MX-7000N では、最もコピー速度が速い (70 枚/分) にもかかわらず、従来の内部加熱方式を搭載した機種 (51 枚/分) に比べて 67%減、外部ローラ加熱方式を搭載した機種 (50~68 枚/分) に比べても 44%減と、ウォームアップ時間 P T を大幅に短縮することができていることがわかる。



$$PT = \text{Power (kW)} \times \text{Warm-up time (min.)}$$

図 11. ウォームアップ比較

4.3 エネルギー消費効率

図 12 に定着部におけるエネルギー消費効率の比較結果を示す。尚、エネルギー消費効率は、図 2 でも示したように、速度にほぼ比例して増加することから、エネルギー消費効率の比較としては、エネルギー消費効率 E.C.E. (Wh/h) をコピー速度 (枚/分) で割った値で比較した。

図 12 より、外部ベルト加熱方式の定着システムでは、従来の内部加熱方式の定着システムに比べて、大幅な省エネ化 (従来比 44% 減) についても実現できていることがわかる。

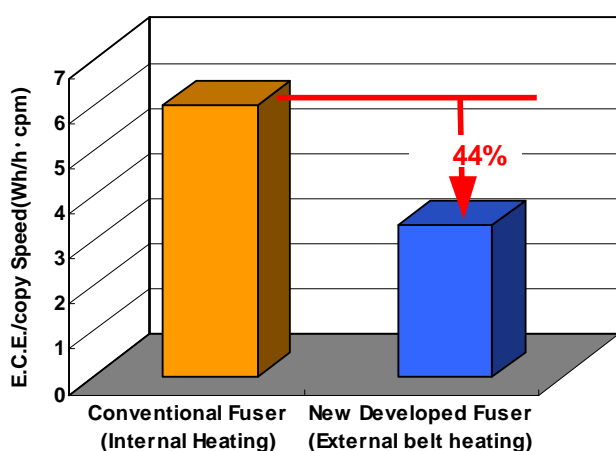


図 12. エネルギー消費効率比較

5 . まとめ

”外部ベルト加熱技術”を用いた新規高速カラー定着システムを開発した。

具体的には、定着ローラの外部加熱手段として、従来の加熱ローラではなく、加熱ベルトを用いて加熱ニップ幅の拡大を図ることで、加熱能力を大幅に向上し、高速化への対応を図ると同時に、加熱ベルトの最適電力制御や最適温度制御により、幅広い速度域への対応も実現した。

この技術により、カラー定着システムの小型化 (モノクロ定着と同等以下)、高速化 (70 枚/分)、省エネ化 (従来比 44% 減)、短ウォームアップ化 (従来比 約 67% 減) 及び 2 倍の速度域対応を達成し、高速カラー複合機 MX-5500N/6200N/7000N (カラー 41 ・ モノクロ 55 ~ 70 枚/分) に搭載した。

参考文献

- 1) Y. Uehara: High Speed Color Fusing, Proceeding of PPIC/JH ' 98: The Conference of Japan Hardcopy for the Imaging Society of Japan (Tokyo, Japan), 72-76 (1998) [in Japanese].
- 2) Y. Akiyoshi: DocuCentre Color 500/500CP, Fuji Xerox Technical Report, 14, 116-125 (2002) [in Japanese]
- 3) T. Mitsuoka, T. Kagawa, T. Yamanaka, T. Inoue and H. Kida: Development of Hi-speed and Low-energy Fusing System, Proceeding of JH2004 Fall Meeting: The Conference of Japan Hardcopy for the Imaging Society of Japan (Kyoto City, Japan), 29-32 (2004) [in Japanese].