

真実接触面積による印刷用紙の印字濃度評価*

寺尾博年*¹, 新田 勇*²

Evaluation of Printing Papers for Thermal Transfer Printers Based on Real Contact Area Using a Contact Microscope

Hirotoshi TERAO*³ and Isami NITTA*³ ENGINEERING DEPT. 3, ALPS ELECTRICCO., LTD.,
41-25 Aza Yanagimachi, Noda, Onahama, Iwaki-shi, Fukushima, 971-8615 Japan

The thermal transfer print method is to print ink on the surface of paper by pressurizing ink and paper directly with a thermal head, and heating the places to print. A principle of the thermal transfer printing is similar to that of the offset printing. A tribological contact problem occurs in the offset printing. Thus the thermal transfer printers are suffering from the similar contact problem between the ink and the paper since the surface of the plain paper has roughness and it is very difficult to make the contact situation constant at all time. It is necessary to deeply understand the contact between paper and the solid ink to achieve the high-resolution printing on even the rough plain paper. So far the stylus type and the laser type profilometers were used to evaluate the printing quality for various papers. However there is no attempt to examine the printing quality, optical density, from the view point of real contact area. Then, the relationship between the optical density and the real contact area on the paper side was experimentally obtained in this paper with a contact microscope. As a result, the correlation could be found between the optical density and the real contact area.

Key Words: Thermal Printer, Thermal Print Head, Real Contact Area, Surface Roughness, Contact Microscope

1. 緒 言

熱転写方式のプリンタは、安価でコンパクトなどの特長から、日本語ワープロまたはパソコン用出力機器として使われてきた。最近ではデジタルスチルカメラ用の携帯用小型プリンタとしても熱転写方式が採用されている^{①-③}。熱転写方式は、図1に示すように、インクリボン上の固体インクと紙をサーマルヘッドにより直接加圧した上で、同時に印刷したい部分を加熱することで、インクを紙の最表面ににじむことなく定着する印刷方式である。

しかしながら、紙ベースの印刷用紙は、その表面に凹凸が存在するため一様な接触をさせるのは難しい。図2は専用紙と普通紙にアルファベットの「B」を印刷したものの電子顕微鏡写真である。専用紙には明瞭に「B」の文字が印刷されている。これに対して、普通紙の場合は転写されたインクの量は少なく明瞭な文字とはなっていない。紙繊維の凹凸に起因してインクと紙の接触が均一ではなかったことが想像できる。普通紙を用いて高画質印刷を実現するた

めには、紙と固体インクの間接触を深く理解しなければならない。しかし、紙が相手の接触問題はあまり研究されていないのが現状である。

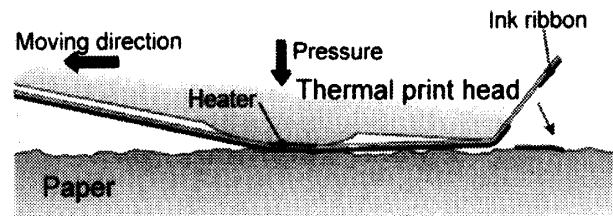
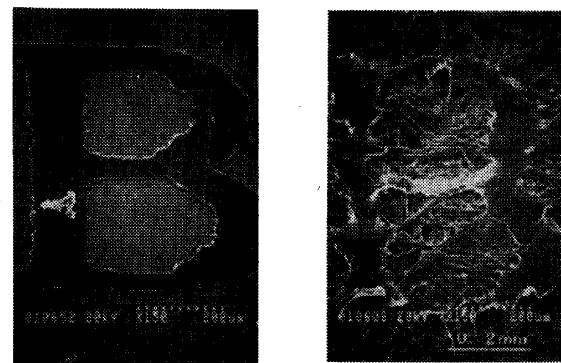


Fig.1 Details of ink transfer process



a) Special Paper

b) Plane Paper

Fig.2 Comparison with printed image

* 原稿受付 2005年6月20日。

*¹ 正員, アルプス電気(株)(☎971-8615 いわき市小名浜野田字柳町41-25)。*² 正員, 新潟大学大学院自然科学研究科(☎950-2181 新潟市五十嵐2の町8050)。

E-mail: teraohit@alps.co.jp

さて、真実接触面積を測定する方法の一つに接触面顕微鏡を用いる方法がある⁽¹⁰⁾。透明なガラスプリズムと試験片を接触させることにより、真実接触面積を測定するものである。

熱転写プリンタの場合は、紙とインクの接触であることから、溶融インクが紙の凹部まで入り込むことが予想される。これに対して、接触面顕微鏡を用いた場合は、紙とガラス表面の接触であるために、紙の凸部のみしか接触しない。このように、接触状況は異なることが予想されるが、接触面顕微鏡で測定した真実接触面積と熱転写プリンタのインク転写面積すなわち印刷濃度との間になんらかの関係が存在すれば、新しい印刷用紙の評価法となる。従来の紙の評価方法としては触針式やレーザ方式の表面粗さ計で測定される粗さが用いられてきたが、真実接触面積と熱転写プリンタの印刷濃度の関係を調べた例はこれまでにない⁽¹¹⁾。

そこで、本論文では数種類の印刷用紙に対して、接触面顕微鏡を用いることで見かけの接触面積と真実接触面積の関係を求めた。一方で、印刷された各種印刷用紙の濃度を調べ、真実接触面積との相関を調べた。また、中心線平均粗さと印刷濃度の相関を調べた。求めた結果より、真実接触面積と中心線平均粗さなどの粗さデータのどちらが印刷濃度の相関が強いかを明らかにした。

2 実験

2.1 印刷用紙 本研究で用いた印刷用紙は普通コピー紙で、カレンダー処理の際の圧力を変えたものである。カレンダー処理とは数本の金属ローラーを縦積みして設定の圧力を掛けた幾つかのニップに、乾燥し終わった紙を通すことにより、表面の平滑化と厚さの調整を行う処理である。カレンダー処理の圧力が高ければ紙の凹凸が潰されて結果として表面粗さが小さくなる。各々の紙の中心線平均粗さを表1に示す。表面粗さの測定には赤外線レーザー表面形状測定顕微鏡 VF7500 (キーエンス社製)を用い、同一用紙にて場所を変えて10回測定した平均値を用いた。

2.2 印刷の実験条件 本研究の印刷実験には市販の熱転写プリンタ (MD5500 アルプス電気製)を用いた。使用した印刷速度とヘッドの押しつけ圧力、並びに投入電力は 254mm/s と 6.0MPa、0.26W/dot とした。物体の反射率を R とした場合、その反射濃度 D は $D = -\log_{10} R$ で表される。印刷濃度測定にはこれらの関係から反射濃度計を用いて反射濃度 D で表現される。対数を用いるのは、明るさに対して肉眼の知覚

が、対数的な特性を有するところからきている⁽¹²⁾。今回の実験では、これら印刷濃度測定では一般的に使われる反射濃度計 RD918 (マクベス社製)を用いて測定をおこなった。印刷に用いたパターンは面積率30%の網点パターンを用いた。これは印刷において点の集団にて表現されるハイライトの濃度に相当する。紙の表面凹凸の印刷濃度への影響はベタよりも点の集団であるハイライトのほうが影響しやすいことから今回のパターンを選択した。

2.3 接触面顕微鏡 接触面顕微鏡の概要を図3に示す。紙の背面を直径5mmのアルミ製パンチで加圧することにより、紙とプリズムを接触させる。接触部は暗く観察されるので、2値化処理を行って真実接触面積を求めた。2値化処理の際はしきい値が重要となる。具体的な方法は既報に記述した通りである⁽¹⁰⁾。本研究では、得られた画像の輝度のレベル60をしきい値に用いた。測定している見かけの接触面積は、直径5mmの円形であるが、斜めから観察するために楕円となる。観察後は、画像処理により円形に戻している。

Table.1 Roughness of a Test Paper

Calender Pressure(N/cm)	Ra(μ m)
0	2.78
588	2.16
1764	1.83
2940	2.12

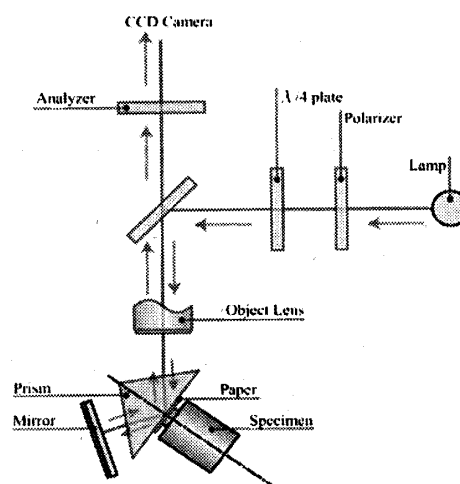


Fig.3 Layout of the contact microscope

3. 実験結果

3・1 真実接触面積の測定結果 図4は、カレンダー処理圧力588(N/cm)の用紙について真実接触面積を測定した結果の一例である。見かけの接触圧力が大きくなるにつれて、ほぼ比例的に真実接触面積が大きくなる事が分かる。図中の面積率とは、見かけの接触面積に対しての真実接触面積の割合である。また、見かけの接触面積全体で均一な接触になるのではなく、真実接触面積の分布に偏りがあるのが認められる。これらは、紙の厚みが均一ではないことによると考えられる。

次に、見かけの接触圧力を6MPaとして、カレンダー処理圧力と真実接触面積の関係を調べた。見かけの接触圧力を6MPaとしたのは、熱転写ヘッドに作用する圧力の値と同じにするためである。その結果を図5に示す。カレンダー処理圧力が大きくなると真実接触面積が比例的に大きくなる事が分かる。

Pressure Area Rate

3 MP a 3.3%

6 MP a 6.3%

9 MP a 7.1%

φ 5

Fig. 4 Image of Real Contact Area by contact microscope

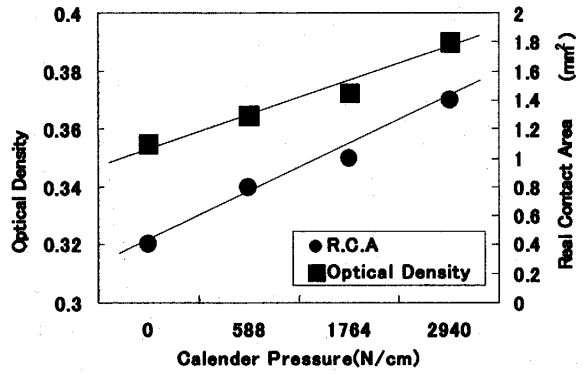


Fig. 5 Relationship between Calendar Pressure and R.C.A. and Optical Density

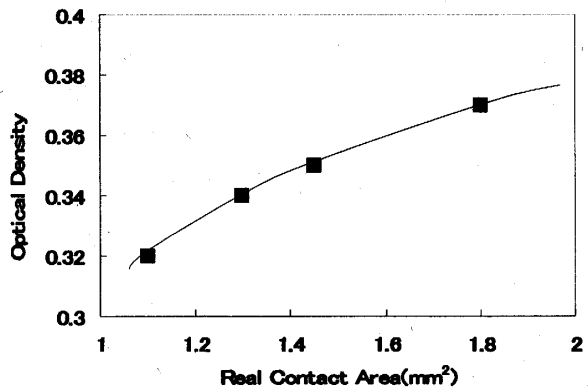


Fig. 6 Relationship between R.C.A and Optical Density

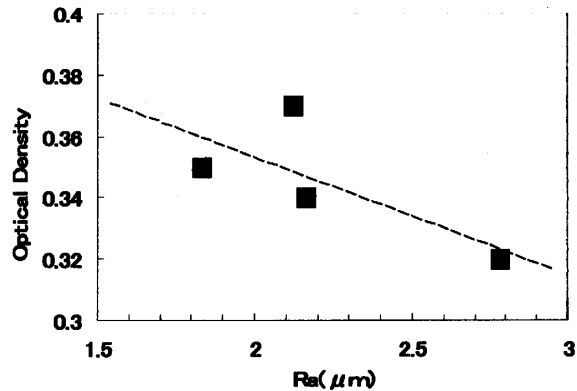


Fig. 7 Relationship between Ra and Optical Density

3・2 印刷濃度の測定結果 各種カレンダー処理した印刷用紙に黒色のインクを用いて印刷を行い、印刷濃度を測定した。先程と同様に図5に結果を示す。印刷濃度の縦軸は入射光強度1に対して反射光強度が1/e倍となるときを1としている。印刷濃度も先の真実接触面積同様、カレンダー処理圧力が大きい用紙ほど

印刷濃度が比例的に大きくなる事が分かる。これらの結果から真実接触面積と印刷濃度の関係について整理し図6に示した。図6より真実接触面積と印刷濃度の間には強い相関関係が存在し、比例関係にあることが確認できる。

3・3 印刷用紙の表面粗さと印刷濃度測定結果

一方、表1に示した各種カレンダー処理した印刷用紙の表面粗さと、それぞれの印刷濃度の関係について図7に示す。真実接触面積と印刷濃度の間には比例関係の存在が確認できたが、それに比較し紙の表面粗さと印刷濃度の関係についてはそれほど強い相関関係がみられなかった。

3・4 各種用紙での測定結果

印刷用紙の印刷濃度については、表面粗さより真実接触面積の測定結果のほうが強い相関関係がみられた。この関係について、各種用紙について同様に確認を行った。用紙は表面の粗い PPC 用紙から平滑な専用紙まで媒体 A から H までの 8 種にておこなった。A はポンド紙、B は非塗工紙で表面粗さが粗い紙、C ~ F は非塗工紙のカレンダー圧が異なる紙、G、H はコート紙である。尚、C は図4で使った紙と同仕様の紙である。

接触面顕微鏡画像を図8に示す。また、各種用紙にて印刷を行い濃度を測定した結果と真実接触面積の関係を図9に、表面粗さとの関係を図10に示す。

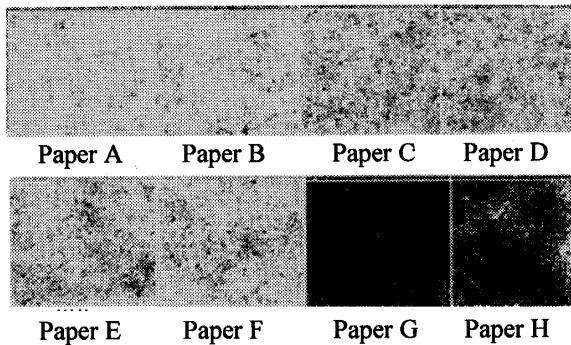


Fig.8 Image of Real Contact Area of Test Paper

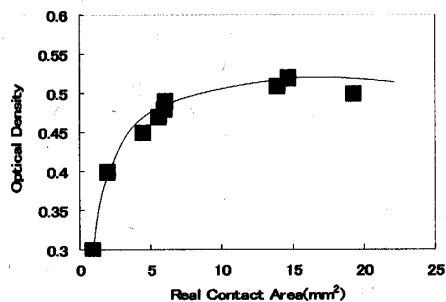


Fig.9 Relationship between RCA and Optical Density

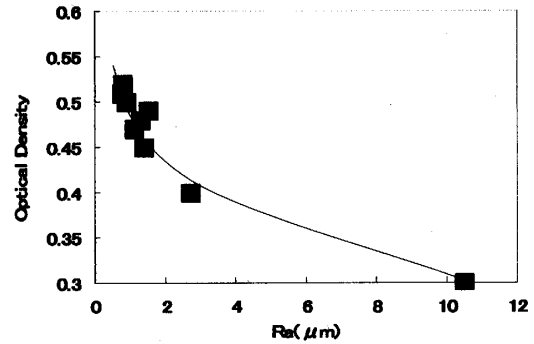


Fig.10 Relationship between Ra and Optical Density

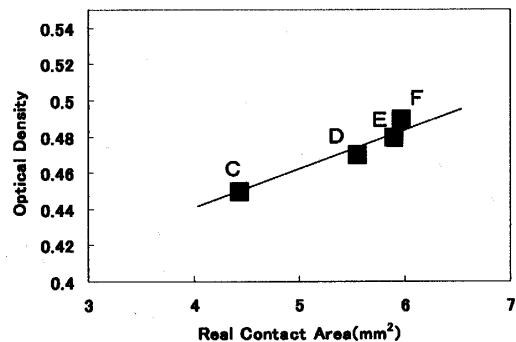


Fig.11 Relationship between RCA and Optical Density

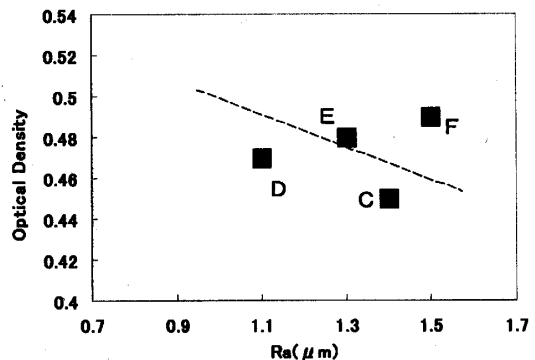


Fig.12 Relationship between Ra and Optical Density

図9より、各種用紙においても真実接触面積と印刷濃度に相関関係がみられ、真実接触面積が 5mm^2 以上では印刷濃度は飽和の領域となることがわかる。一方表面粗さと印刷濃度の関係を図10に示すが、こちらも全体的に印刷濃度と相関がある結果となった。先程の結果との違いを確認する目的で、図9、図10に示した8種の用紙の中から表面状態が異なる非塗工紙の4種(媒体C,D,E,F)のみ抜き出し同様に比較をおこなった。真実接触面積の関係を図11に、表面粗さとの関係を図12に示す。尚、近似線は図9、図10にて求めた近似線を適用している。図11をみると、

先の結果と同様に真実接触面積と印刷濃度に強い相関が確認された。一方、表面粗さとの関係については、先の結果と同様に相関が見られなかった。

3・3 真実接触面積とインク転写分布 非塗工紙であれば、真実接触面積と印刷濃度の間に相関関係が存在することが確認された。そこで、この関係をより良く知るために、真実接触面積を測定した同一場所に既知のパターンの印刷を施し、インクの転写分布と真実接触面積の関係を調べた。結果を図 13 に示す。

図 13(a)は、5mm 四方の真実接触面積の分布を測定したものである。図 13(b)は、インクで斜線を印刷したものである。両者を重ねて表すと図 13(c)になる。真実接触点のみにインクが転写されるわけではなく、それ以外のところにもインクの転写されている様子がよく分かる。真実接触面積の測定では、紙は硬いガラスと接触するのに対して、印刷では厚さが $2\mu\text{m}$ のインクと $3\mu\text{m}$ のベースフィルム (PET) のインクリボンを通じて接触するために、紙の凸部だけではなく、凹部にもインクが入り込み接触するためと思われる。

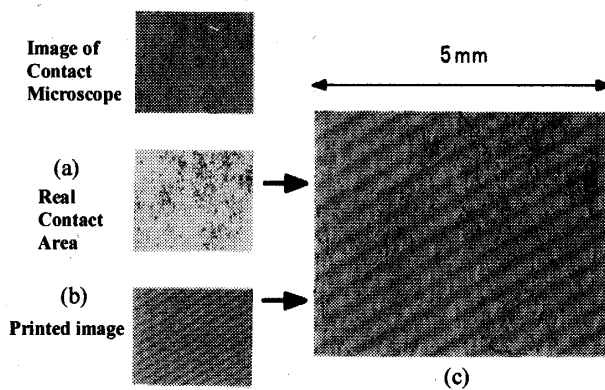


Fig. 13 Comparison with Printed Image and Real Contact Area

4. 考 察

4・1 真実接触面積とインク転写の関係

真実接触面積以外の部分においてもインクが転写しているが、これについては、インクの変形、ベースフィルムの変形が考えられる。これを確認するため転写後のインクリボンの表面を観察して確認をおこなった。結果を図 14 に示す。図 14 の左側の写真は紙上に転写されたインクの状態を示し、右側の写真はその印刷で使用したインクリボン表面を示している。右側の写真を見るとインクが転写しているところは、ベース

フィルムのところ紙の繊維の凹凸が転写されていることが分かる。これは、発熱体の熱によりベースフィルムの機械的強度が低下したためと考えられる。インクが転写していないところのインク表面には、紙表面の繊維との接触跡が転写されている。これらのことより、熱転写プリンタの印刷の際、インクリボンと紙との接触は、ベースフィルムやインクの変形によっても発生していることが分かった。

4・2 真実接触面積と印刷の関係

熱転写プリンタの印刷において、特に非塗工紙を用いた印刷濃度は、真実接触面積と強い相関があったが、実際の印刷では真実接触点以外にもインクが転写されていたことが分かった。これはインクと紙の接触が、インクとベースフィルムの変形によって、接触面顕微鏡で観察される接触点以外でも接触が起こっているためであることが分かった。しかしながら、熱転写プリンタの場合、真実接触面積と印刷濃度の間に強い相関があり紙の表面粗さとはそれほどまでの強い相関がなかった。この点について考察を行うため、紙の断面観察によって紙の内部構造を確認した。結果を図 15 に示す。図 15 の左側の写真は紙の表面を示し、右側の写真は紙の断面構造を示している。図 15 の左側の写真より、紙の表面では、複雑に絡み合った繊維とその繊維間に穴状の空隙があることが分かる。一方右側の写真より断面でみた場合、明らかに紙繊維周辺に空隙が存在している部分が観察される。表面粗さを測定する場合、これら空隙を含んだ測定になり、実際より大きい値で測定されることが考えられる。逆に、表面粗さ測定では低い値であっても、実際の印刷の際、繊維下部に空隙がある場合では、その部分で圧力が逃げることで、十分な接触圧力がかからない状態になることが考えられる。一方接触面顕微鏡の場合は、これら空隙も含んだ状態で実際に印刷の時と同じように圧力をかけて測定を行うため、紙の構造による影響も同時に測定される。従って、熱転写プリンタの場合、真実接触面積と印刷濃度の間に強い相関があり紙の表面粗さとはそれほどまでの強い相関がなかったと考えられる。

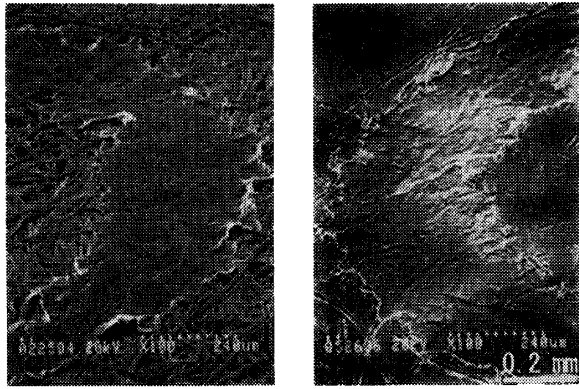


Fig. 14 Image of printed ink and inkribbon

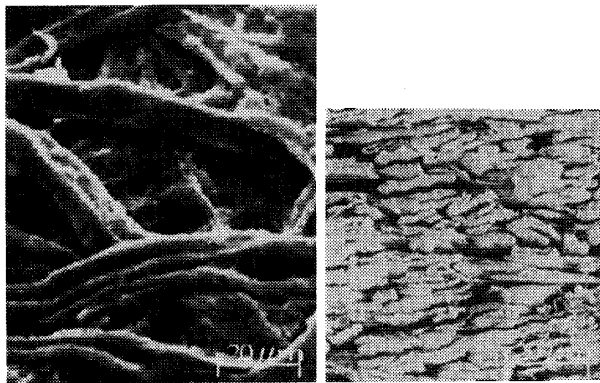


Fig. 15 Image of paper surface and cross section

5. 結 論

熱転写方式のプリンタでは、印刷濃度は印刷用紙の質を評価する因子となっている。これまででは、印刷用紙の質の評価のために、印刷用紙の表面粗さが検討されたことはあるが、印刷濃度と表面粗さの間には良い相関が得られなかった。本論文では、新しい試みとして印刷濃度と印刷用紙の真実接触面積の相関について調べた。具体的には、数種類の印刷用紙に対して、真実接触面積および表面粗さと印刷濃度との相関を調べた。その結果、以下の結論が得られた。

1. 接触面顕微鏡により各種印刷用紙の真実接触面積を測定した。真実接触面積と印刷濃度の間には相関が見られた。したがって、接触面顕微鏡で紙の評価ができると考えられる。
2. 非塗工紙において表面粗さと印刷濃度の間にはよい相関は見られなかったが、真実接触面積と印刷濃度には相関関係が見られた。

文 献

- (1) Nagata, T., Sato, K., Watanabe, M., Pulse Durability Characteristics of Thin-Film Thermal Head, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 62, No.601 (1996), pp. 56-61.
- (2) Nagata, T., Sato, K., Watanabe, M., Printing Characteristics Estimation of Thermal Head, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B*, Vol. 61, No.581 (1995), pp. 286-294.
- (3) Nagata, T., Watanabe, M., 16dots/mm thermal printing head developing heat efficiency with polyimide heat insulating layer. *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B*, Vol. 61, No.585 (1995), pp. 286-291.
- (4) Murata, A., Mochizuki, S., Morimoto, Y., Egashira, N., Printing Characteristics of Full-Color Thermal Dye-Transfer Printers Using Semiconductor Laser Heat. *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B*, Vol. 61, No.582 (1995), pp. 328-333.
- (5) Hibino, I., Ono, S., Uchida, T., Study of Highdefinition Thermal Transfer Process. *Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers*, VOL. J81-C-2 NO. 6, PAGE. 566-573; (1998/06)
- (6) Nitta, I., Terao, H., Seshita, T., Analysis of contact pressure acting on a thermal print head of a thermal transfer printer, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 70, No.693 (2004), pp. 258-263.
- (7) Nitta, I., Terao, H., Seshita, T., Evaluation of Thermal Conductivities of Printing Papers Using a Thermal Transfer Printer, *Journal of the Japan Society of Precision Engineering*, Vol. 70, 4 (2004), 522.
- (8) Terao, H., Nakatani, T., Tsushima, N. & Hibino, I., Study of 1200 dpi high resolution thermal print head, *IS&T 's NIP17: 2001 International Conference on Digital Printing Technologies*, (2001) 504-507.
- (9) Nitta, I., Terao, H., Analysis of contact pressure between a Thermal Print Head and Ink of a Thermal Transfer Printer, *Contact Mechanics 2003 Computational Methods in Contact Mechanics VI*, WIT Press, (2003) 25-33.
- (10) Nitta, I., Morohashi, A., Otani, C., Measurements of Distribution of Real Contact Areas using Thin PET Films, *Journal of Japanese Society of Tribologists*, Vol.44, No.2, (1999), 128-134
- (11) Enomae, T., Overview on Tribology of Paper, *Journal of Japanese Society of Tribologists*, Vol.46, No.10, (2001), 741-746
- (12) Abe, T., About micro density meter, *Society of Electrophotography of Japan, The 35th Conference*, (1985) 1-5.