研 究 報 文

オフセット輪転印刷に発生する特殊なゴースト現象と印刷用紙の関係調査

三菱製紙株式会社 総合研究所 鷺谷公人, 柴 裕一, 西 哲哉

A Study of the Relationship between Coated Papers
and Reverse-Image Ghosting

Kimito Washiya, Yuichi Shiba and

Tetsuya Nishi

Corporate Research Center,
Mitsubishi Paper Mills Limited

鷺谷公人

柴 裕一

西 哲哉

Reverse-image ghosting is one of the ink transfer errors that occurs during web-fed offset printing. It happens when the imaging area on the face and the back are not balanced. This paper reports what properties of coated paper influence reverse-image ghosting. Reverse-image ghosting was not influenced by water absorptiveness, stiffness or picking intensity. However, smoothness had a comparatively strong relationship with ghosting. In particular, dynamic (PPS) roughness under 20 kgf/cm² of hard backing was strongly related to it. And in the case of the same PPS roughness, ink receptivity was related to ghosting. These results support the idea that reverse-image ghosting is caused by improper web release of paper, which leads to ink piling on the blanket cylinder and ultimately to reverse-image ghosting.

Keywords : offset printing, ghosting, coated paper, delamination, reverse-image ghosting

分類 : Y₈ 印刷, S₅ 塗工印刷用紙 (微塗工印刷用紙含む)

1. 緒 言

1.1 背 景

オフセット (平版) 印刷, 凸版印刷, 凹版印刷, 孔版印刷の 4 大方式に代表される商業印刷は世の中に広く用いられている。紙の使用量の約半分はこれらの印刷に用いられる印刷用紙であり, その需要はデジタル全盛の今でもなお伸び続けている。

これらの印刷方法の中でもオフセット印刷は商業印刷の主流として用いられている。経済的で製版が容易

であること, 大サイズの印刷がしやすいことがその理由であろう。

オフセット印刷の中でも輪転式印刷 (以下, オフ輪) は, ひじわに代表されるような品質面の問題が存在し, 枚葉式印刷よりも印刷品質としては劣るとされている。さらに, 印刷トラブル発生時の損紙の量も多い。しかし, 巻き取り紙のまま印刷し, インキを強制乾燥させることが出来るので, 他の印刷方式に比べその印刷速度は圧倒的に速く¹⁾, しかも印刷後, 折り畳み, 裁断もオンラインで行うことが出来るというメリットもあ

り, 生産性, 経済性で極めて優れた方式である。そのため, オフセット印刷市場では枚葉からオフ輪へとシフトしつつある。これらの背景から, オフ輪印刷の品質向上や印刷トラブルの防止は今後も非常に重要な課題である。

オフ輪印刷における問題点には様々な種類があり²⁾, その中で, 印刷用紙が関与するトラブルには, ひじわ, ゴーストがある。ひじわは強熱乾燥による紙の収縮により³⁾, そしてゴーストは版のバランスが悪いときにインキの供給不具合によって起こる¹⁾。これらのトラブルは, 発生機構が複雑で 100% 防止する手段がないため問題視されているが, 現在までの努力により原因が理解され, ある程度対処法が見いだされてきた。

1.2 特殊なゴースト現象について

ところが, ゴースト現象の中には発生機構が特殊な事例が存在する^{4)~6)}。この現象では Fig. 1-a, Fig. 1-b に示すように印刷画像 (image A) にはないはずの模様 (文字や画像) がぼんやりと白抜けして現れる (image B)。この現象は日本のオフ輪印刷関係者には広く知られている現象だが, 名称ははっきりと定義されてい

Fig. 1-a (upper side) Proposed mechanism of reverse-image ghosting.

Fig. 1-b (lower side) Opposite arrangement

るわけではなく, 通称「デラミゴースト」と呼ばれている。

藤田らはその発生機構を詳細に解析し, 本現象が用紙のデラミネーション (ばたつき) とインキのパイリングに起因することを見いだしている⁶⁾。そのため名称をデラミゴーストかインキパイリングゴーストと呼ぶべきと提唱しているが, 本論文では紙面の都合上「デラミゴースト」に統一する。また, 海外ではこの現象はあまり認識されていないようで, 英語表記もはっきりしないが, 米国 Tappi 関係者の指摘に従い Reverse-image ghosting と標記することとした。

デラミゴーストは BB 型のオフ輪印刷機で, 表裏の版のバランスが悪いときに起こる。BB 型のオフ輪印刷機では Fig. 1-a, Fig. 1-b の様にブランケットシリンダー (以下, BC) の上下が進行方向に対してずれて配置している (スタカード配列, Fig. 1-a, Fig. 1-b ではかなり誇張してあり, 実際のずれは 5° 程度である)。デラミゴーストは, 用紙の上流側の BC (Top) に軽い (網点面積率の小さい) 画像, 下流側の BC (Bottom) に重い (網点面積率の大きい) 画像が配置される, アンバランスな場合に発生しやすい。

Fig. 1-a, Fig. 1-b の例では, 用紙の進行方向に対して上流側の BC に 100% の濃度の絵柄 (または文字) があり, 下流側の BC に 30% の濃度の長方形の絵柄がある。これを印刷していくと, 長方形部分に Top 側の画像部の真裏だけが薄くなって現れる (image B)。これがデラミゴーストであり, 一種のインキ付き不良である。Photo. 1-a には実際に発生したデラミゴーストの写真を, Photo. 1-b には比較として通常の写真を示した。

1.3 デラミゴーストの推定発生機構

この現象は, インキタックによって BC に用紙が過度に貼り付き, Fig. 1-a 中の Web Running X のような用紙の走行不良 (デラミネーション) を誘発し, その結果起こる下側の BC と用紙の接触不良が原因と推察されている。発生するのは用紙の走行方向に対し上流側の BC に重たい画像, 下流側に軽い画像の組み合わせがある時のみであり, Fig. 1-a では下側に発生するが, BC 配置が逆の Fig. 1-b では上側に発生する。また上下画像が逆配置の場合は発生しない。

また, デラミゴーストは画像のバランスが悪い場合でも, 印刷の初期から発生するわけではなく, 印刷を開始して, 一定時間後に現れることが多く, 用紙の走行不良だけが直接の原因とは言えない。デラミゴーストが発生したとき, 発生した側の BC にはゴースト画像と同様のインキ層が現れる (Fig. 2)。藤田らの研

Photo. 1-a Reverse-image ghosting.

Photo. 1-b Normal printing.

Fig. 2 Ink layer on the blanket cylinder.

Photo. 2 Ink layer piling.

Fig. 3 The examination reported by Fujita⁶⁾. It indicates that the ink layer is directly involved in reverse-image ghosting.

Fig. 4 Proposed ink layer piling mechanism.

究によれば、インキ層が現れたあとに反対側の画像を取り去ってもゴーストが継続して発生し続けることから (Fig. 3)⁶⁾ このインキ層が直接の原因と言える。Photo. 2 には実際に発生したインキ層の写真を示す。まとめると、用紙の走行不良がインキの転写不良を誘発し (Fig. 4)、インキの転写不良によってインキ層が蓄積し、デラミゴーストが発生すると推察される。

オフ輪印刷の場合、常に同じ BC の位置に同じ画像が転写される。このため用紙の走行不良は常に同じ画像位置、言い換えれば常に同じ BC 位置で起こることになる。用紙の走行不良の際、画像の重たい側の方に用紙が引っ張られるので、軽い画像の側でインキの転写不良、蓄積が発生する。よって、軽い画像側でのみデラミゴーストが発生する。このように、現段階での

推定機構はデラミゴーストの発生機構をうまく説明できている。

1.4 デラミゴーストの解決方法等について

この現象の問題点は決定的な解決手段がないことにある。画像のバランスを取るのが一番の解決策だが、実際の商業印刷で画像に制限を加えるのは現実的ではない。BCの粗面化、インキのタックを弱くするなどの方法も考えられるが、これらの条件も印刷品質や印刷作業性に極度に影響する。結局BCの洗浄が最も現実的な解決策であり、デラミゴーストが出るたびにこの作業を行って対応するしかない。

基本的には絵柄、印刷機、インキの要因が強い現象ではあるが、用紙も明らかに影響を与えている。なぜなら、近年グロス塗工紙の白紙光沢は非常に高くなってきているが、これに伴いデラミゴーストの発生率が増えている。厚物/薄物、グロス/マット、微塗工/A3/A2/アートなど紙の種類による発生頻度の違いも認識されている。これまでこれらの影響について系統的に検討された例はなく、経験則に頼っているのが現状である。そこで本研究では、デラミゴーストの発生に影響を与える用紙の要因について詳細に解析を行ったので報告する。

2. 実 験

2.1 実験方法

特記しない限り、すべての資材、試薬、材料は市販品をそのまま用いた。塗工液は一般的な手法で調整した。

2.2 塗工紙作製条件

実験に先立ち、用紙のデラミゴーストへの影響について、その発生機構やオフ輪印刷関係者の助言を元に関係する物性を推定した (Table 1)。これを元に様々な物性の塗工紙を作製し (Table 2)、オフ輪印刷を行った。

・塗料配合: Table 3

・塗工方式: ブレード塗工

・坪量: 74~110 g/m²

・カレンダー条件: スーパーカレンダー処理。サンプル No. 4 は低線圧処理。

2.3 塗工紙物性評価方法

・平滑度: スムースター及びプリント・サーフ表面粗さ試験機を用いて測定した。プリントサーフ試験機ではハードバックングを用いて測定した。

・こわさ (クラーク): クラークこわさ試験機を用いて測定した。

・不透明度: 分光色彩・白度計を用いて測定した。

・透気抵抗度: スムースター透気度計を用いて測定した。

・印刷適性: RI 印刷試験器、及びコーサー色濃度計を用いて測定した (インキセット性、吸油性、吸水性、ビック強度)。

2.4 印刷条件

・印刷機: Lithopia (三菱重工製)

・印刷速度: 400 rpm (約 220 m/min)

・乾燥条件: 紙面温度 125℃ (一定)

・印刷枚数: 5,000 部

Table 1 Consideration of paper properties concerning with revers-image ghosting from the advice of printing industry

Commom opinions expressed by persons in the printing industry	Related properties
Gloss paper shows reverse-image ghosting easily	smoothness
Thick paper is not likely to show reverse-image ghosting	stiffness, air permeability
Reverse-image ghosting is strongly influenced by ink tack.	ink receptivity, oil absorptiveness, picking intensity
Reverse-image ghosting is reduced by increasing of damping water	water absorptiveness, hydrophiticity compound
Reverse-image ghosting occurs with continuous printing	elution of some of compound by damping water or ink vehide
Reverse-image ghosting disappears if the blanket is washed	ink receptivity, oil absorptiveness, picking intensity

Table 2 Degree of reverse-image ghosting and coated paper properties

sample	Opacity %	Nd density	Dd density	Td density	Rg density $\times 10^{-3}$	Overlook Valuation	Air Permeability kPa	Smootheness kPa	PPS HS μm	PPS H 20 μm	Stiffness $\text{cm}^3/100$	Oil absorp. ink density	Water absorp. ink density	Ink Receptivity (ink set) ink density	Dry Picking point (max 5)	Wet Picking (max 5)	Basis Weight g/m^2	Thickness μm
1	85.3	0.498	0.502	0.023	18.9		1.61	2.75	3.22	1.40	38.9	1.56	0.89	0.84	3.7	3.0	62.8	55.8
2	85.3	0.412	0.414	0.023	21.1	4	1.61	2.75	3.22	1.40	38.9	1.56	0.89	0.84	3.7	3.0	62.8	55.8
3	89.1	0.427	0.419	0.013	20.7		1.48	2.03	2.81	1.32	70.8	1.75	0.88	1.06	5.0	5.0	85.7	69.5
4	89.7	0.401	0.388	0.011	24.1		1.58	1.40	2.77	1.23	37.2	1.83	0.86	0.83	4.6	5.0	75.4	62.3
5	91.7	0.434	0.420	0.006	20.3		1.52	3.34	3.17	1.45	96.6	1.74	0.72	0.82	3.7	4.5	101.8	91.8
6	92.7	0.404	0.388	0.003	18.7		2.05	3.54	3.25	1.41	102.7	1.73	1.05	0.63	1.5	2.0	101.1	92.0
7	92.3	0.399	0.383	0.004	20.2		1.42	2.81	2.93	1.35	97.3	1.74	0.83	0.87	3.7	4.9	99.8	90.8
8	90.3	0.447	0.430	0.010	26.8	2	0.93	2.13	3.14	1.10	87.1	1.81	0.82	0.99	4.5	5.0	103.8	85.6
9	90.9	0.468	0.447	0.008	28.7	1	0.81	2.13	2.64	1.09	90.3	1.81	0.90	0.99	4.4	5.0	103.5	87.1
10	93.4	0.446	0.418	0.001	28.7	1	0.54	1.55	2.54	1.02	86.8	1.88	0.91	1.10	4.6	5.0	108.5	87.6
11	90.0	0.392	0.378	0.010	24.2	3	0.79	2.71	2.79	1.23	93.9	1.91	1.13	1.35	4.9	5.0	105.5	88.3

Table 3 Coating formulation and other characteristics of each coated paper

Sample No.		1	2 ^a	3	4	5	6	7	8	9 ^b	10 ^c	11
GCC	%for total pigment mass	50	50	50	50	50	50	50	40	40	40	80
Kaoline Clay, Fine	%for total pigment mass	0	0	0	25	25	25	25	30	30	30	0
Kaoline Clay, Standard	%for total pigment mass	50	50	50	25	25	25	25	30	30	30	20
SBR Latex	%for total pigment mass	10	10	10	10	9	6	10	10	12	10	10
Phosphorylated Starch	%for total pigment mass	3	3	3	3	3	5	3	1.5	0	1.5	3
Insolubilizer	%for total pigment mass	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Coating Weight	g/m ² (total)	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Basis Weight	g/m ² (total)	64	64	90	75	102	101	100	104	104	109	106
Linear Pressure of Supercalendering	kN/cm	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250
Nips of Supercalendering	times	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12

Note. ^a To confirm reptoducibility; ^b no hydrophilic materials; ^c pigmented base paper

- ・ 温湿度：24℃ 65%
- ・ 刷 版：デラミゴースト評価版
- ・ ブランケット：MC 25 V（金陽社製）
- ・ インキ：Web World Teras N タイプ（DIC 製），
タック→墨 6.7, 藍 7.2, 紅 6.5, 黄 6.2
- ・ 給湿液：水道水+NT 液（DIC 製），pH 5.6～6.0
管理

2.5 印刷物評価方法

印刷物のインキ濃度はコーサー濃度測定器を用いて測定した。デラミゴーストは 5,000 部目付近の印刷物を無作為に 10 部取りだし，評価に用いた。デラミゴーストの目視判定は 5 点満点で行なった。目視判定は差が目視ではっきり分かるサンプルに限定した。濃度測定はデラミゴースト部分と通常部分を各 30 点測定した。プリントスルーの影響濃度の測定数は各 10 点とした。

RI 印刷試験機を用いてのインキセット性は次のように評価した。まず，0.7 ml のシアンインキ（Geos-G, N タイプ，DIC 製）を 3 番ロールで練り，評価サ

ンプルで印刷後 30 秒経過時に 1 番ロールに張り付けた用紙と接触させ未乾燥インキを転写させた。転写用紙のインキが乾燥後，コーサー濃度測定器を用いて濃度を測定した。

3. 結果と考察

3.1 デラミゴーストの評価方法

デラミゴーストはインキ転写不良の一種であり，発生度合いは見た目に左右される。よって目視判定が重要となるが，微妙なケースでは目視判定が難しく，塗工紙の各種物性との関連を調査する場合を考えると，主観に左右されない客観的な数値化が必要となる。そこで，デラミゴースト発生度合いの数値化を試みた。

数値化はデラミゴースト部分と通常部分の濃度差を発生度合いとする事が出来る。しかし，デラミゴーストはその性質上，反対面に必ず高い濃度の印刷が存在する（Fig. 2）。また，通常使用される印刷用紙に完全に不透明なものはほとんどなく，デラミゴースト部分の印刷濃度の測定は裏面印刷の影響を必ず受けてしま

う。この影響を不透明度の値から補正する方法では、プリントスルーの影響が用紙によってまちまちであるため、補正しきれない。

そこで、各サンプルが反対面の印刷の影響をどの程度受けるのかを実測し、その影響を濃度差からとり除くこととした。具体的には下記式1の値をデラミゴースト発生度合いとした。

$$Rg = Nd - (Dd - Td) \quad \cdots \cdots \text{式(1)}$$

ここでRgはデラミゴースト発生度合い、Ndは通常部分の印刷濃度、Ddはデラミゴースト部分の印刷濃度、Tdはプリントスルーの影響濃度である。プリントスルーの影響濃度は裏面に100%の黒ベタ印刷部分の濃度を表面の白紙部分から測定した。プリントスルーの影響濃度は白紙部分から測定しているため、印刷がある部分とでは影響濃度が厳密な意味では異なるが、デラミゴーストの発生部分の印刷濃度は比較的薄いため、この誤差は無視できるものとした。Fig.5はプリントスルーの影響を補正しなかった場合、Fig.6は補正した場合であるが、明らかに補正した場合の方が目視判定と一致し、おおむね妥当な評価方法と考え

られる。以上の結果から、式(1)によりデラミゴースト発生度合いを客観的に評価することが可能となった。

3.2 デラミゴーストと用紙物性

次にRgの値と各種塗工紙物性との関係を調べた(Table 2)。結果、相関が高かったのはスムースター平滑度やプリント・サーフ表面粗さで表される平滑性であった。平滑性が高いほどデラミゴーストは強く発生していた。これは昔よりも近年の高平滑なグロス塗工紙の方が発生頻度が高くなっていることと一致する。種々の平滑性の中でもハードバックキングでの20 kgf/cm²のプリント・サーフ表面粗さとの相関が高かった(Fig.7)。プリント・サーフ表面粗さ測定時に用紙にさえられている圧力と、オフ輪印刷において用紙がBCにさえられている圧力が近似していることを考えると、この結果は非常に理にかなっていると言える。

コート紙表面の凹凸の大きさや、オフセット印刷におけるインキ膜厚の関係(Fig.8)から、圧縮下での平滑性が高いと、用紙とBCが密着しやすいことが推察できる(Fig.9)。密着性が高いと、用紙がBCに貼

Fig.5 Relationship between no corrected density difference and visual evaluation (Max : 5).

Fig.6 Relationship between corrected density difference and visual evaluation (Max : 5).

Fig.7 Relationship between reverse-image ghosting and PPS smoothness (H 20 kgf/cm²).

Fig.8 Roughness of paper surface and ink thickness on blanket cylinder.

Fig.9 Propose mechanism of smoothness effect on the improper web release.

り付きやすくなり、Fig.1に示した用紙の走行不良を起こしやすくなっていると言える。走行不良の発生が多くなるためインキがBC上に蓄積しやすいのか、一回の走行不良による用紙の剥離時間が長い場合インキが蓄積しやすいのか定かでないが、おそらくこれらが影響しているであろう。

ところで、用紙の走行不良の発生頻度が同程度であれば、インキに対する用紙物性の違いがデラミゴーストの発生に影響を与えることが予想できる。そこで、ハードバックングでの20 kgf/cm²のプリント・サーフ表面粗さが同程度であるサンプルにしたり、相関を調べた。その結果、インキセット性との間で比較的高い相関が見られた。インキセットが遅いほど、デラミゴーストが強く発生している (Fig.10)。インキセットが遅いと言うことは、インキの溶剤成分と固形成分の分離を起こす速度が小さいと言うことである³⁾。

これは紙とインキが接触した一瞬の間に不動化するインキ量が少なく、単位時間当たりのインキ転移量が少ないことを意味する。インキセット性は用紙の様々な物性によって左右され、その速度の差とインキ転移量の間に完全な比例関係が成り立たないことも考えられが、インキ転移量の主要な要因と考えられる平滑度については、プリント・サーフ表面粗さが同程度のもののみを比較しているため、インキセット性以外の要因は通常非常に軽微なものであり無視することができる。用紙の走行が異常となりBCからの剥離が発生しているときは用紙とインキとの接触時間が通常よりも短い。その短い間でも多くインキを転写できる用紙はBC上のインキの蓄積を抑え、デラミゴーストは発生しにくい。転写量が少ない用紙は蓄積を促進するためデラミゴーストが発生しやすいであろう。

ここで、本研究において相関関係が認められなかつ

Fig.10 Relationship between reverse-image ghosting and ink receptivity.

た他の要因について考察する。これまで湿し水によって溶け出す親水性物質が影響しているという説もあったが、親水性物質を完全に除いたサンプルにおいてもデラミゴーストが発生し、さらにドライピック強度やウェットピック強度とも相関がまったくなかった。またデラミゴースト発生時にBCに蓄積したインキ層を分析したが、塗工層由来の成分は一切検出されなかった。これらのことから、この説は完全に否定される。実際、湿し水は少量であり、原紙層が吸収してしまうので、塗工層中の成分を溶解すると考えるには無理がある。

次にこわさについて考察する。デラミゴーストの発生機構を考えると、こわさは明らかに影響すると考えられる。しかし、今回の試験範囲で相関は全く認められなかった。同様に、坪量や厚みとも相関は認められなかった。これは、今回は比較的近い坪量の用紙を使用したため、差が見られなかったものと推察でき、実際には坪量の高い方が発生しにくいことは経験的に確かめられている。今回使用した坪量でのこわさの差程度ではデラミネーションに影響を及ぼさないであろう⁷⁾。

さらに透気度との関係では、相関係数は0.64であり、他物性に比べると比較的相関が高い。しかし、今回はデーターを示していないが、相関が逆になった例があり、透気度は無関係であると思われる。透気度は平滑性とある程度の相関を持つため、今回の結果はそのためと言える。

その他、不透明度、吸油性、吸水性要因についてはデラミゴーストとの発生度合いとの間に相関は認められなかった。

4. ま と め

従来より用紙の影響が示唆されながら、はっきりとしたことが分かっていなかった用紙とデラミゴーストとの関係を明らかにすることが出来た。

デラミゴーストの発生度合いは、プリントスルーの影響を差し引いた濃度差で数値化でき、正確に評価できることが分かった。また、親水性物質の溶出、ピック強度、小さなこわさの差はデラミゴースト発生の主要因ではないことが確認できた。平滑性、特に印圧程度の圧力がかかった状態での平滑性（プリント・サーフ表面粗さ）がデラミゴースト発生と相関関係が高かったが、高い平滑性は用紙とBCが密着し、走行不良を発生させやすいためと考えられる。プリント・サーフ表面粗さが同程度の場合は、インキセット性が関与しており、セット性が高い用紙はインクの蓄積を防止してデラミゴーストを起こしにくいと考えられる。以上の結果は、従来のデラミゴースト発生機構を用いて矛盾なく説明できる。

今回は坪量の近似したA2～A3のグロス紙にしぼって検討を行ったが、今後は更に様々な用紙を用いて実験を行い、デラミゴーストに対する用紙の知見を集める予定である。本研究の成果が印刷トラブルの防止や防止できる用紙の開発に一役たてば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 印刷出版研究所編集部：印刷情報 (1) 16 (2000)
- 2) 平版印刷技術—知識と実務一，日本印刷技術協会，第14章，p 164
- 3) 鷺谷公人：日本印刷学会誌 39 (6) 40 (2002)
- 4) 藤田幸英，井上信一：日本印刷学会第106回春期研究発表会予稿集，2001，p 29
- 5) 鷺谷公人，柴裕一，山根憲吾，藤田幸英：第68回紙パルプ研究発表会要旨集，紙パルプ技術協会，東京，2001，p 122
- 6) 藤田幸英，井上信一：日本印刷学会誌 39(2)103 (2002)

(受理：'04.12.13)