

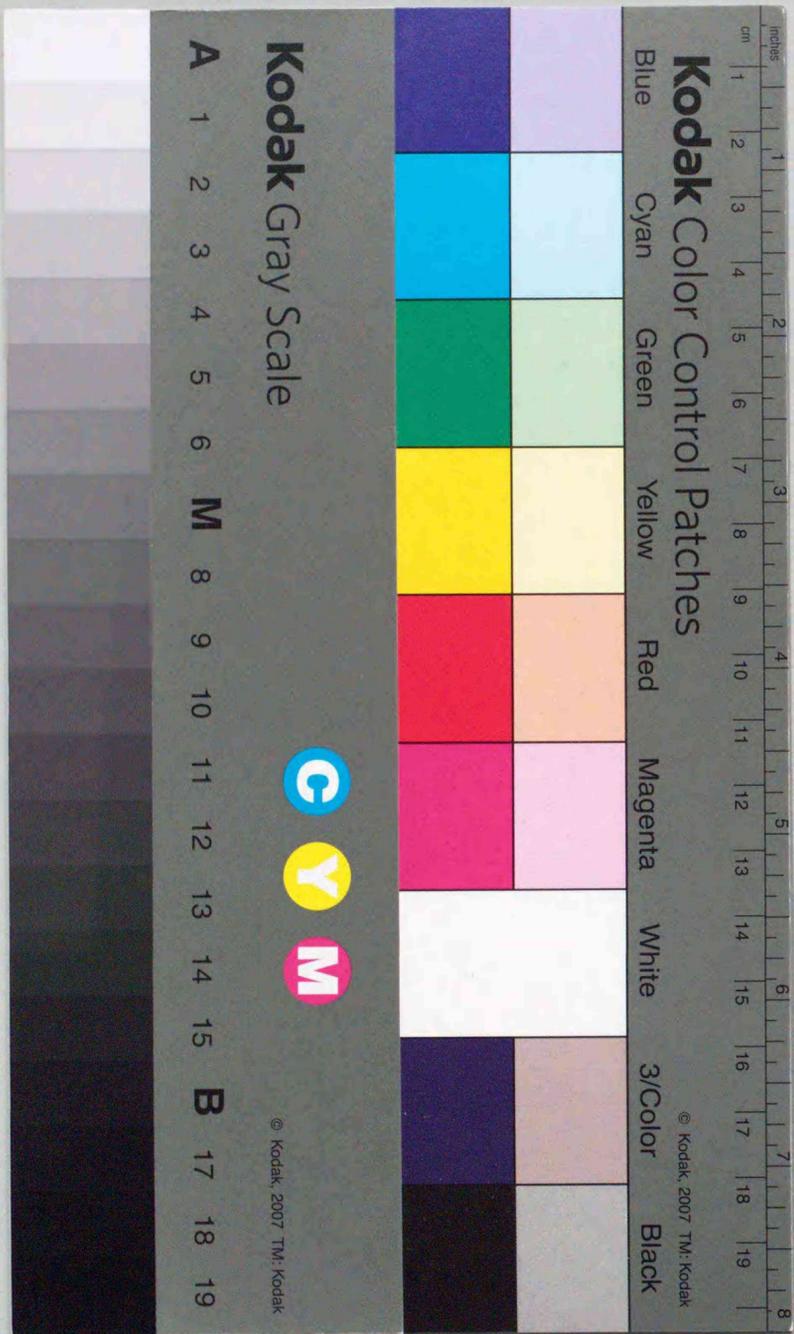


Title	粒子摩擦荷電を用いた光誘起型電子写真技術に関する研究
Author(s)	鉄谷, 信二
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	乙第3904号
Issue Date	1991-03-25
DOI	https://doi.org/10.11501/2964273
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51150
Type	doctoral thesis
File Information	000000238014.pdf



粒子摩擦荷電を用いた光誘起型
電子写真技術に関する研究

鉄谷信二



①

粒子摩擦荷電を用いた光誘起型

電子写真技術に関する研究

鉄谷 信二

目次

第1章 序論	1
1. 1 各種記録方式	1
1. 2 電子写真記録の歴史	3
1. 3 研究の目的と論文概要	5
第2章 電子写真記録の技術	7
2. 1 電子写真プロセス	7
2. 2 荷電技術	10
2. 3 現像技術	16
2. 4 従来技術	17
2. 5 まとめ	22
第3章 接触荷電法の原理と基本特性	23
3. 1 粒子摩擦荷電法	23
3. 2 アモルファスセレンにおける帯電特性	27
3. 2. 1 実験方法	28
3. 2. 2 スリーブ周速による帯電特性	30
3. 2. 3 磁性粒子の抵抗による帯電特性	34
3. 3 表面電位減衰	40
3. 3. 1 粒子摩擦荷電法とコロナ荷電法の表面電位減衰	40
3. 3. 2 粒子摩擦荷電法で得られた表面電位の減衰特性	43
3. 4 粒子摩擦荷電法とコロナ荷電法のスペクトルによる光導電特性	46
3. 5 絶縁体における帯電	48
3. 5. 1 導電性粒子摩擦荷電法を用いた時の絶縁フィルムと光導電体との粒子の挙動の比較	49

3. 5. 2	PETフィルムにおける荷電時間による表面電位と電流	49
3. 5. 3	PETの荷電効率	52
3. 5. 4	粒子摩擦荷電法による荷電および除電	54
3. 6	有機感光体への電荷注入の検討	54
3. 7	まとめ	57
第4章 光誘起型電子写真記録方式と基礎的検討		
4. 1	光誘起型電子写真記録	58
4. 1. 1	光誘起型電子写真記録の構成	58
4. 1. 2	光誘起型電子写真記録の原理	60
4. 2	現像中に働く力の分類	65
4. 2. 1	トナーに働く磁気力	65
4. 2. 2	トナーに働く電気力	66
4. 2. 3	トナーに働くその他の力	69
4. 3	実験値と計算値との比較	71
4. 4.	まとめ	75
第5章 光誘起型電子写真記録の基礎的特性		
5. 1	磁極位置と記録濃度の関係	76
5. 2	露光位置を変化させたときの記録特性	80
5. 3	記録濃度のスリーブ周速と記録速度依存性	84
5. 4	現像バイアスを変化させたときの記録特性	84
5. 5	ドクタ間隔および現像ギャップを変化させたときの記録特性	89
5. 6	トナーの粒径・抵抗率を変化させたときの記録特性	91
5. 7	記録紙とトナー	94
5. 8	感光体	97
5. 9	まとめ	100

第6章 光誘起型電子写真記録装置の試作と評価		101
6. 1	電子写真記録式プリンタ	101
6. 2	光誘起型電子写真記録法の装置化への検討	101
6. 2. 1	感光体ドラムの検討	103
6. 2. 2	露光器	104
6. 2. 3	ドラム駆動系	104
6. 2. 4	転写部	104
6. 3	光誘起型電子写真記録の試作および評価	106
6. 4	今後の課題	109
6. 5	まとめ	110
第7章 結論		111
謝辞		114
付録		115
参考文献		117
研究発表リスト		123

第1章 序論

コンピュータ、通信技術の発展とともに、情報技術への要求が高度化してきている。出力端末としてのプリンタはシステムと人間との接点として重要な部分であり、最近、記録速度、記録品質等の点で優れる電子写真式プリンタの重要性が急速に増大している。電子写真記録は、従来の複写機という用途から、レーザプリンタで代表されるようなパーソナルコンピュータの出力端末にまで普及してきている⁽¹⁻¹⁾。さらに、デスクトップパブリッシング(DTP)の出力端末として不可欠な存在である⁽¹⁻²⁾、⁽¹⁻³⁾。しかし、装置コスト、装置サイズおよびメンテナンスに問題があるため、オフィスに使用されても個人使用にまでは到っていないのが現状である。これらの問題は、電子写真記録の記録プロセスに大きく依存しており、今後電子写真記録技術が成熟しますます発展するためには、本技術を支える基礎的な現象の把握が不可欠になると考えられる。本研究は、電子写真記録の各記録プロセスで中心的な役割を演じている帯電機構について焦点をあて、その基礎的な現象について研究を行うとともに、電子写真記録の新たな記録機構(小型化、メンテナンスフリー)について研究を行ったものである。

本章では、出力端末に用いられる各種記録方式と電子写真記録との比較検討、電子写真記録の歴史、本研究の動機・目的・意義を述べる。最後に、本論文の構成を示す。

1.1 各種記録方式

現在使用されている各記録方式は、大きく分けて、光、熱、インク、イオン、および機械力に分類される。各記録方式について、記録品質、使用特性および装置特性を基準に比較した結果を表1-1に示す。電子写真記録は、解像度・記録速度について極めて優れている。写真等の階調性を求められるものについては、正確な電荷量を制御できるイオン制御方式が優れている⁽¹⁻⁴⁾。この方式は記録速度が遅いのが欠点である。用紙自由度に関して、用紙の厚さ、平滑性、抵抗値に制約のない

表 1 - 1 記録方式

記録手段	方式分類	記録品質		使用特性			装置特性		
		解像度	階調性	記録速度	用紙自由度	走行コスト	装置コスト	装置サイズ	信頼性
光	電子写真記録	◎	△	◎	○	○	△	△	△
イオン	多針電極型	○	△	○	×	△	○	○	△
	イオン制御	△	◎	△	○	○	△	△	○
熱	感熱発色	○	△	△	×	◎	◎	○	◎
	インク転写	○	△	△	○	×	◎	○	○
インク	インクジェット	△	△	△	△	○	○	△	△
機械力	母形活字式	×	×	×	◎	○	○	○	○
	ドット式	×	×	×	◎	○	○	○	○

機械力方式が優れているが、記録速度が遅いこと、騒音が大きいことで、オフィスでの使用が敬遠される傾向にある。熱方式は、装置コスト・装置サイズ・信頼性に関して、他の記録方式と比べて極めて優れている。特に、感熱発色方式⁽¹⁻⁵⁾では、走行コストが非常に安い。A4判を1枚記録する費用は、1円程度である。そのため、ファクシミリ装置に用いられている記録方式は、大部分が感熱発色方式である。問題点としては、記録品質に経時変化が生じることおよび用紙の自由度が全くないことである。同じ熱方式でも、インク転写⁽¹⁻⁶⁾ではその問題はないが、記録速度が遅いこと、A4判を1枚記録する費用が10数円にもなることで、少量印刷の個人使用に限られている。多針電極方式⁽¹⁻⁷⁾は、記録速度は速いが、絶縁性の静電記録用紙を用いる必然性から、用紙の自由度がなく、走行コストも高い。そのため、現在ほとんど使用されていない。インクジェット方式⁽¹⁻⁸⁾は、キャラクタ表示に

関して特に優れた点がないが、マルチカラー表示としての用途で使用されている。

以上各記録方式について比較したが、それぞれ一長一短があり、それぞれの長所に応じて用途が異なっている。記録品質・使用特性については、記録方式に依存するため、今後に大きな改善の期待はできない。一方、装置特性については、製造側の努力で改善される余地が十分に残されている。現状の電子写真記録は、装置特性に問題があるが、高品質・高速記録・走行コストの長所を必要とする大口使用のユーザで使用されている。記録品質・使用特性を維持しながら装置コスト・装置サイズ・信頼性の改善を行うことで、個人使用にまで需要を伸ばす可能性を秘めている。

1. 2 電子写真記録の歴史

電子写真記録(脚注)の歴史は、1938年に Carlsonの発明とともに始まる。Carlsonは、静電潜像を作るために光導電性の絶縁体表面を用いる方法を提案した。この発明が最初の実用的電子写真システムの基本となった。

電子写真記録の最初の実験は、CarlsonとKorneiの指導で1938年に行われた。この時行われた実験は、以下のようなものであった。感光板は金属板上にイオウの層をつけたもので、この表面をラシャで摩擦して帯電させ、静電像は手描きの透明画から密着露光を行い静電潜像が光導電体面に形成され、黒色顔料で現像されて紙に転写された。しかし、この発明を工業化できると判断する企業は当時なかった。

(脚注) Carlsonの発明に基づく研究初期では、光導電性と静電荷像を含むプロセスは一般に電子写真とみなされた。その後1948年に、これらのプロセスにはゼログラフィという新しい名前がつけられた。これは、ギリシャ語から出たもので、この言葉の文学的意味は、「乾式に描く」である。ゼログラフィという言葉は世界中で広く受け入れられているが、電子写真という用語は、電気と光電現象を用いて行われる写真のプロセスをすべてカバーする一般用語として用いられている。

電子写真記録についてのそれ以上の実験は、1944年オハイオ州のバテル研究所で研究が始まるまでは行われなかった。1944年から1948年までの期間で、バテル研究所では、電子写真記録の主要な実験成果をあげた。この期間に行われた重要な技術革新は次のようなものである。カスケード現像法と2成分の摩擦帯電現像剤の発見、コロナ荷電法、光導電体を作成するための真空蒸着技術の導入、静電転写の提案およびアモルファス・セレン光導電体の発見等である。1950年にゼロックス社は最初の商用機としてゼログラフィ装置を出した。

1954年に、RCA (Radio Corporation of America) は、エレクトロファクス (EF) と名づけられたゼログラフィの変形を発表した。このEFは、感光体と転写紙を兼ねたシート状の色素増感した酸化亜鉛感光紙を用い、負コロナで帯電し、像露光後生成した静電潜像を磁気ブラシ現像法または液体现像法を用いてトナー像とし、乾燥定着してコピーを得る方法で、Carlson法に含まれたものである。EFの現像法としては、磁気ブラシ現像のトナー飛散の問題から液体现像を採用することになった。60年代後半から70年代前半にかけ、EFは複写機生産台数の大半を占めるに到った。

ゼロックス社では、1959年に間接式乾式電子写真装置を発売した。この複写機は、普通紙 (PPC: Plain Paper Copy) を使用できるものであった。一方、EFは装置がPPC複写機ほど複雑ではなく小型軽量化を特徴としていたが、PPCの小型軽量化が急速に進み、1978年にPPC複写機の小型軽量化はEFを上回るに到った。また、EFの液体现像のアイソパー臭が問題となり始め、EFは急速にPPC複写機に置き換えられていった。1980年初めには完全にPPC複写機が電子写真複写機の代名詞として定着していった。

1980年代の電子写真は、高度情報化社会の進展に伴い、従来の単機能のアナログ複写機から、文書、画像作成機能やネットワーク接続機能を持つデジタル複写機、プリンタやファクシミリの機能を備えた複合機が出現しはじめ、1990年代もこの傾向がより顕著になるであろう。

1. 3 研究の目的と論文概要

電子写真記録は、他の記録方式と比較して記録品質・使用特性において、優れた面を持っているが、装置サイズ、装置コストおよび信頼性に課題を残している。これらの課題が改善されれば、電子写真式プリンタはプリンタの分野で主流になる可能性を持つことから、本研究でこれらの課題に取り組んだ。

電子写真記録技術は、主に帯電、現像、感光体等の技術からなり、それらは光導電現象、摩擦現象のような物理現象に基礎をおいている。この基礎的な現象の把握が歴史的にみて電子写真記録の発展に繋がっている。本研究では、導電性粒子を用いた接触荷電法による帯電および従来の電子写真記録のプロセスを簡略化した記録方法の現像に関する基礎的な現象の解明を目的としている。

本研究で解明した基礎的な現象を電子写真記録装置の小形化・信頼性に反映させていくことで、電子写真式の複写機・プリンタ・ファクシミリ等の発展が今後さらに期待される。

本論文の構成を図1-1に示す。以下に、各章の概要について述べる。

第1章では、記録方式の分類、電子写真記録の歴史および研究の目的についてまとめられてある。

第2章では、電子写真記録の従来の方式の原理と利害特質、電子写真記録の要素過程・技術の原理およびその背景となる理論、性能および問題点についてまとめられている。

第3章では、粒子摩擦荷電法の提案・構成・原理について述べ、粒子摩擦荷電法とコロナ荷電法との荷電実験および絶縁体への荷電実験、それらの帯電現象についてまとめられている。

第4章では、粒子摩擦荷電法の応用として、電子写真記録のプロセスを簡略化した光誘起型電子写真記録法を提案し、記録原理の実験と理論的解析についてまとめられている。

第5章では、光誘起型電子写真記録を用いたときの各種パラメータに基づく記録

特性について述べる。

第6章では、光誘起型電子写真記録法を用いた電子写真記録技術の最も先端的な応用である小形電子写真プリンタの設計において、本研究の成果が果たした役割とこれに関連した技術が述べられている。

第7章は、結論であり、本研究の内容と成果を概括している。

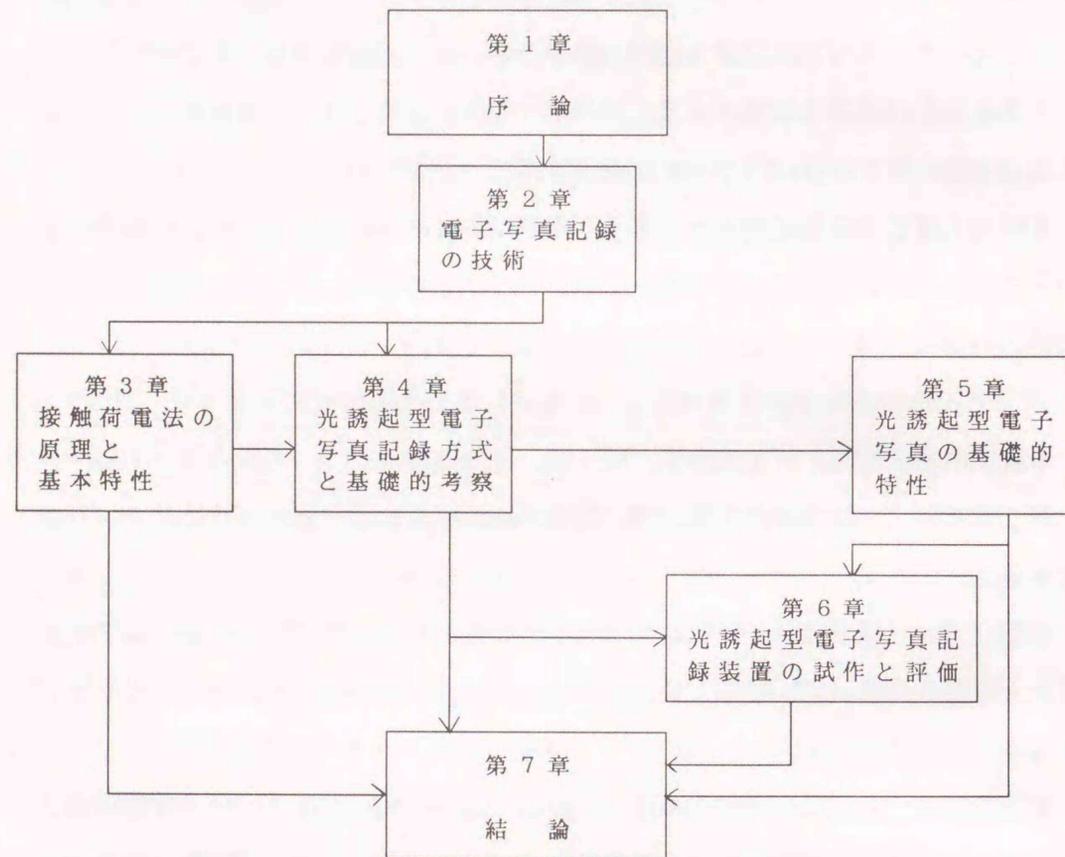


図1-1 本論文の構成

第2章 電子写真記録の技術

電子写真に関する研究領域は非常に広く、基礎的な面から製品に近い応用的な面までの多くの論文、学会誌の特集がある⁽²⁻¹⁾。電子写真技術を主題とした国際会議が活発に行われている⁽²⁻²⁾、⁽²⁻³⁾。本章では、現在、最も広く使われているカーソン方式(脚注)の電子写真プロセスについて説明し、本論文の研究内容に密接してかつ記録プロセスの必要条件である荷電技術と現像技術について述べる。さらに、電子写真プロセスを簡略化する記録技術について述べる。

2.1 電子写真プロセス

電子写真記録において、記録紙に画像を得るためには、複数のプロセスを必要としている。電子写真の記録プロセスを模式的に図2-1に示す。以下に記録のためのプロセスを説明する。

- (1)荷電プロセス : 感光体表面をコロナ荷電器で一様に帯電させる。
- (2)露光プロセス : 感光体上に原稿からの反射光またはレーザービーム等の光を照射し、静電的な潜像を形成させる。
- (3)現像プロセス : 感光体上の静電潜像に黒い粒子から成るトナーを付着させトナー像を形成させる。
- (4)転写プロセス : 感光体上のトナー像を記録用紙に転写させる。
- (5)定着プロセス : 記録用紙上のトナー像を熱または圧力等で定着させ、記録を完了する。
- (6)清掃プロセス : 感光体上に残留したトナーを清掃し、再び(1)からの記録プロセスを可能とする。

(脚注) 電子写真技術の開発者 Chester F. Carlsonの名を取って名付けられている。電子写真技術は20世紀の偉大な発明の一つに数えられている。

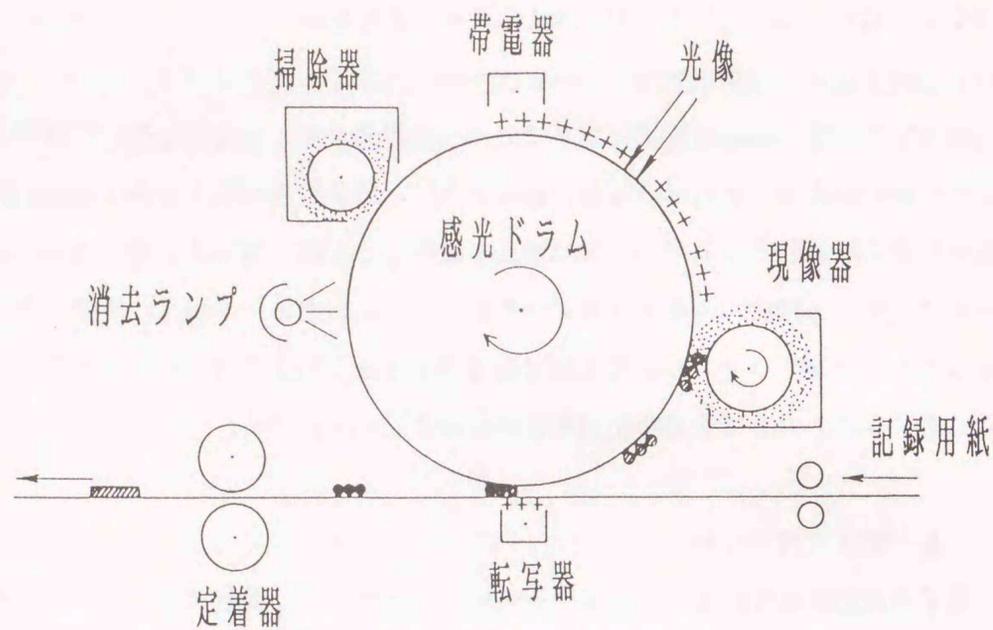


図2-1 電子写真の記録プロセス

電子写真記録においては、(1)~(6)までのプロセスを何度も繰り返している。以下に記録プロセスで重要な感光体について説明する。

<感光体>

感光体は電子写真の記録プロセスにおいて、光像を静電的な潜像に変換するという中心的な役割を演じている。感光体には、暗中には絶縁性で電荷を保持すること、および光照射下では導電性を示し表面に荷電された電荷を中和することが要請される。さらに、コロナイオンが照射されたり、現像剤、用紙、清掃機構により機械的に摩擦を受けるといった半導体としては非常に過酷な条件のもとでも特性を一定に維持する必要がある。

感光体の基本的な構造とその動作を図2-2に示す。光が感光体中で電荷に変換され、その電荷が感光体中を移動し表面に存在する電荷を中和する。感光体の特性は図2-3に示すような表面電位の変化曲線により評価する。この曲線はコロナ荷

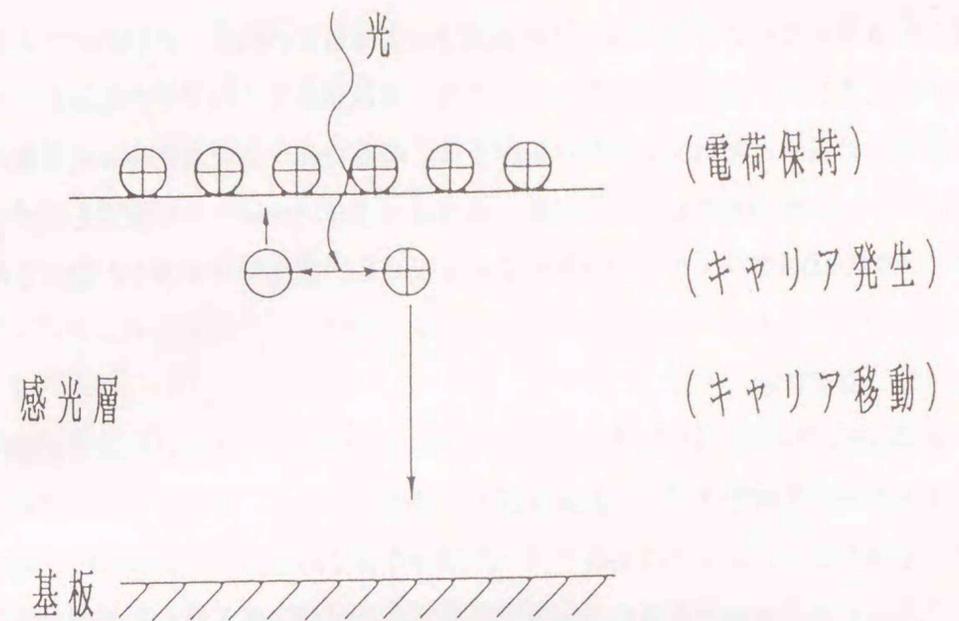


図2-2 感光体の動作原理図

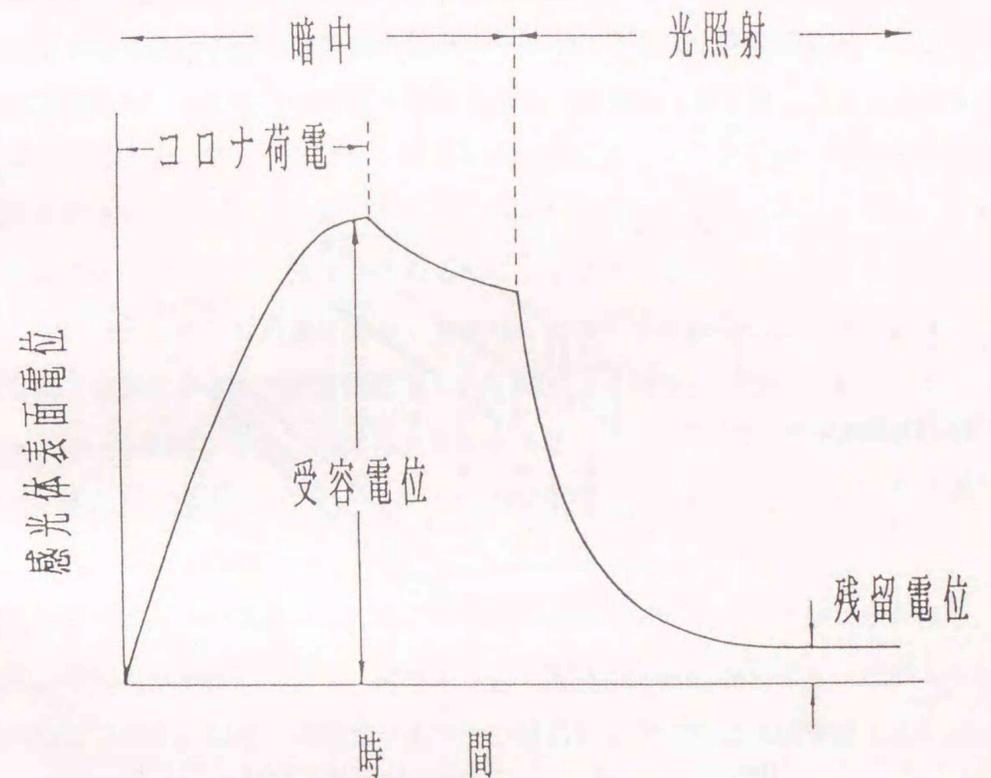


図2-3 感光体特性曲線

電による表面電位の上昇、暗中で表面での表面電位の減衰、光照射による表面電位の減衰を表す。感光体の特性としては表面電位が高く、暗中で減衰が少なく、光照射時の減衰は照射光の波長に依存する。波長特性への要求条件は複写機の場合とプリンタの場合で異なる。複写機の場合は可視域でブロードな感度を示すこと、プリンタの場合はレーザ等の発光素子の波長で高い感度を示すことが要求される。

2. 2 荷電技術

電子写真記録の荷電として、電子写真記録の発明者C.F. Carlsonは毛を用いて感光体表面を摩擦帯電させて、記録実験を行った。しかし、実用面で最も効果的で確実な方法として、コロナ荷電法⁽²⁻⁴⁾が用いられている。コロナ荷電法の構成を図2-4に示す。コロナ荷電は空气中で手軽にイオンを発生させることができるため、絶縁体の荷電や除電に広く使われている。電子写真記録においては感光体の一様な荷電、感光体から記録紙へのトナー像転写に用いられている⁽²⁻⁵⁾。コロナ荷電については、放電研究者らにより、ワイヤー付近の放電域の物理現象がかなり研究されてきた。また、感光体との帯電モデルとしては以下のようなモデルが定性的に述

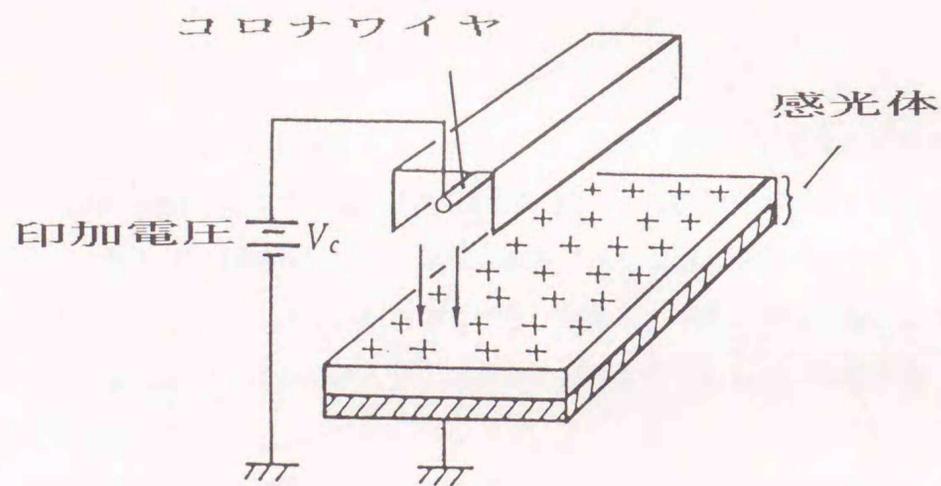


図2-4 コロナ荷電法

べられている⁽²⁻⁶⁾。光導電体の自由表面は、ブロッキング層として、表面電荷のフィルム中の注入を妨げる作用をする。このブロッキング層は、表面伝導性または半導性の汚れとか膜ができると、有効性が薄れてくる。このような汚れとか膜は、多少とも注入電極のようにふるまう。コロナ荷電による表面電荷の本当の性質は解明されていない。表面電荷が吸着イオンとして表面に存在するのか、あるいは、表面準位に捕獲された電荷として存在するのか、という点についてはいくつかの推論がなされてきた。

コロナ荷電法は、電子写真記録での帯電法として必ずしも万能ではなく、数千Vの高圧電源を必要とすること、有害なオゾンが発生させるなどの問題がある。これらは、コロナ荷電を用いることで避けられないものである。そこで、そのような問題が生じない荷電法として、感光体表面に直接電荷を載せる接触型荷電法が提案されている⁽²⁻⁷⁾。電気的な特性について述べられているが、感光体との物性面から掘り下げた報告は少ない。感光体に対して接触帯電を行う技術はまだ非常に歴史が浅い。以下に、すでに提案されている接触荷電法について述べる。

(1) 導電性ローラを用いた接触荷電法⁽²⁻⁸⁾

2本の導電性ゴムローラをセレン感光体に接触させ、ローラには、400V~1000Vの電圧を印加する。図2-5にプリンタに用いた例を示す。ローラとしては、1本でも荷電できるが、高速に荷電させるためにここでは2本用いている。荷電可能速度は、30cm/secとかなり高速である。導電性ゴムローラの抵抗値は、 $10^5 \Omega \text{cm} \sim 10^9 \Omega \text{cm}$ (金属芯からローラ表面までの点接触による測定)の範囲である。ただし、低抵抗のローラを用いると、感光体ドラム上にピンホールなどの欠陥のある場所に電流が集中し、感光体のブレイクダウンが発生することがあって、a-Seでは $10^8 \Omega \text{cm}$ のものを用いている。

導電性ゴムローラの問題としては、接触性があまり良くないことが挙げられる。つまり、帯電ムラが生じやすく、記録ムラになる。記録例においても、記録ムラが実際に生じている。現在、導電性ゴムローラを用いた荷電器は実用装置としては、存在していない。

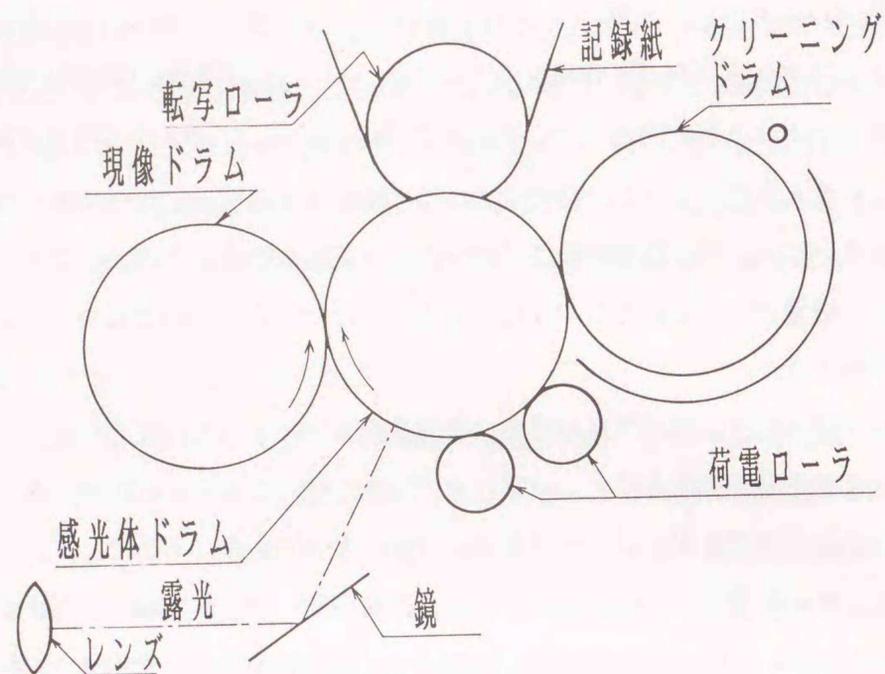


図2-5 導電性ローラを用いた接触荷電法

(2) 導電性ブラシを用いた接触荷電法^{(2-9), (2-10)}

導電性ブラシを用いた荷電器は、細い繊維状の線材を導電性のローラにブラシ状に構成したものである。そして、ローラを回転させることにおいて感光体との接触性を高める。図2-6にプリンタに用いた例を示す。

帯電特性としては、ほぼ印加電圧に比例した結果が得られている。図2-7は、導電性ブラシを用いてPET (Polyethylene Terephthalate) フィルムを荷電させたときの帯電特性である。印加電圧が0Vのとき、荷電ブラシと感光体表面との摩擦帯電により、約-30V程度の電位が生じている。印加電圧に応じて、プラス・マイナスのいずれの極性にも表面電位を任意に設定することができる。図2-8は、OPC (Organic PhotoConductor, 有機光導電体) ドラムを荷電させたときの結果

である。有機感光体に対する荷電では、図2-7のPETフィルムの場合に比べて印加電圧に対する表面電位の値が低い。これは、有機感光体では荷電中に表面電荷が感光体の中へ流れるが、PETフィルムでは絶縁性が高く表面電荷の流れがほとんどないためと考えられる。ブラシ荷電器は、コロナ荷電器とほぼ同等の実用レベルに達しており、他の接触荷電法に比べて完成度は高い。

導電性ブラシを棒状にして静止状態で用いる方法があり、この方法は構造が簡単になる特長を持つ⁽²⁻¹¹⁾。図2-9にその概略図を示す。しかし、帯電ムラが生じ易いのでブラシ幅を大きくするとか高速記録には不向き等の問題がある。低・中速度の機種には十分に有効と思われる。

ブラシの特性として、繊維の太さは直径10 μ m~数10 μ m、ブラシの抵抗率は10³ Ω cm~10⁵ Ω cmのものが標準的な値である。

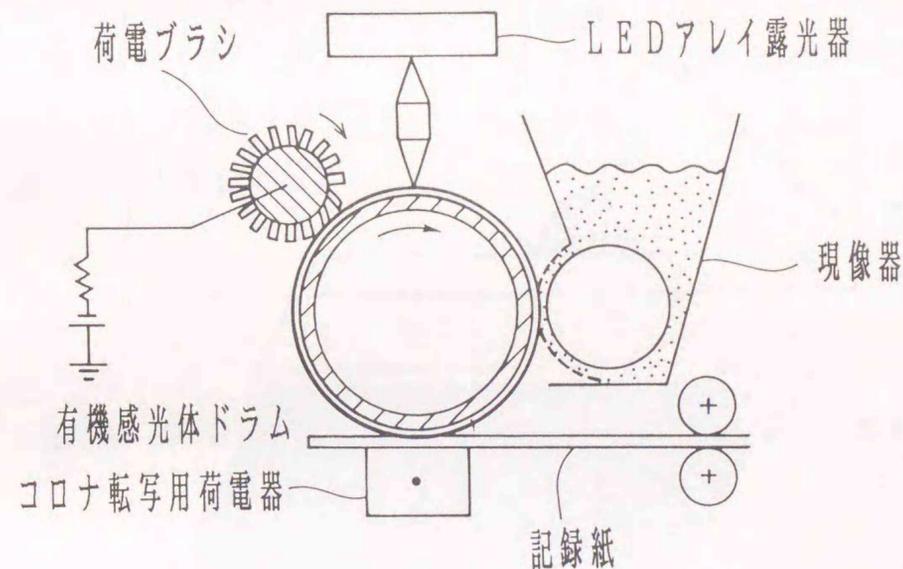


図2-6 導電性ブラシを用いた接触荷電法

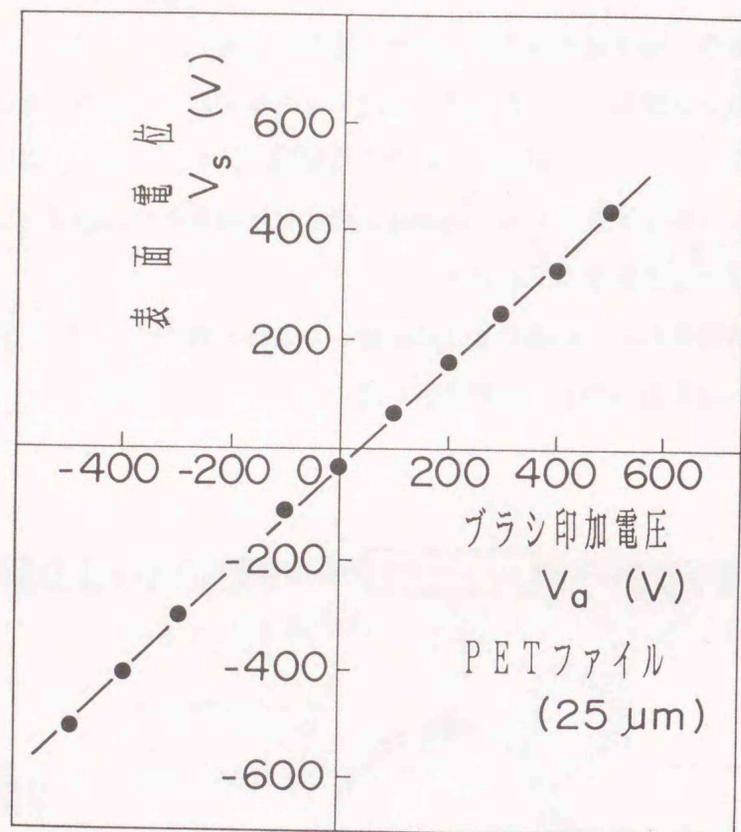


図2-7 PETフィルムに対する帯電特性

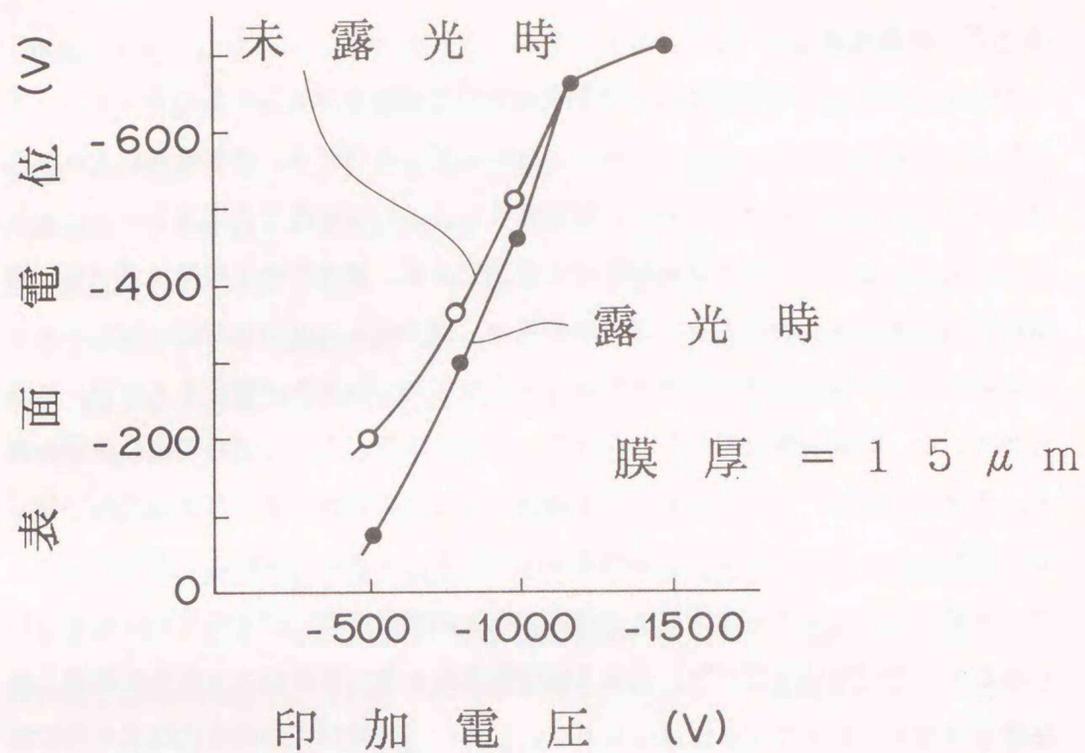


図2-8 OPCドラムにおける帯電特性

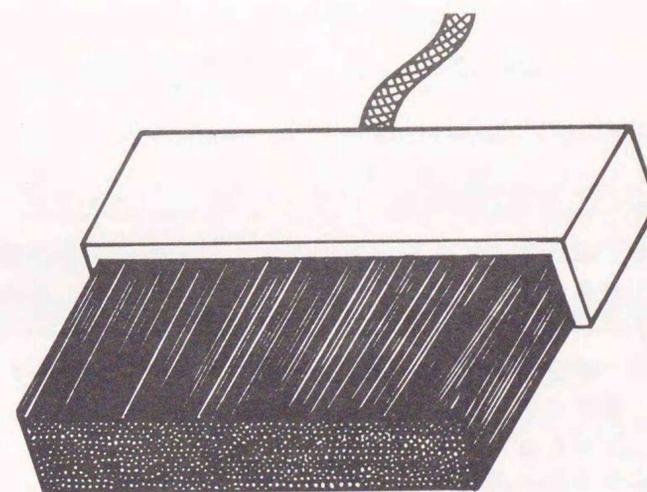


図2-9 静止型ブラシ

2. 3 現像技術

現像は、感光体を帯電した後光照射で電氣的な潜像を形成したものをトナー（着色粒子）像に変換する。現像プロセスは記録品質、保守性等、装置性能に大きな影響を与える重要なプロセスである。現在用いられている現像方式を表2-1にまとめる。大きくは乾式現像と液体现像の2種類である。後者の液体现像は⁽²⁻¹²⁾、高精細な品質を要求されるときに用いられるが、保守性および高速記録に難点があるため現在の電子写真記録では特殊用途（写真などの中間調を必要とする分野）に限られている。乾式現像は⁽²⁻¹³⁾、さらに、2成分現像および1成分現像に分けられる。2成分現像は、トナーとトナーを搬送するための鉄粉（電子写真の用語では、この鉄粉をキャリアと呼ぶ）から構成されている。トナーと鉄粉との摩擦帯電でトナーが帯電して、トナーの帯電と逆極性の電氣的潜像を持つ感光体表面に引きつけられる⁽²⁻¹⁴⁾、⁽²⁻¹⁵⁾、⁽²⁻¹⁶⁾。この方法は安定にトナーを帯電させるため高速・高品質を目的としたプリンタに用いられる。しかし、画像品質の劣化を防ぐために鉄粉を周期的に交換しなくてはならないこと、トナーの補給のための機構系が複雑になること等の問題点もある。1成分現像では⁽²⁻¹⁷⁾、⁽²⁻¹⁸⁾、トナー中に磁性微粒

表2-1 現像方式

現像方式名	現像剤	備考
磁気ブラシ現像 (二成分現像)	鉄粉等の磁性粒子と絶縁性の着色粒子（トナー）との混合物	設計上での自由度が多いことなどから広く用いられている
1成分系磁性トナー現像	着色粒子（トナー）中に磁性微粒子を混練した1成分の粒子からなる	保守性のよさから、かなり普及している
液体现像	着色粒子（トナー）をコロイド状にして絶縁性液体中に浮遊させたもの	着色粒子が非常に小さいため分解能の高い現像ができる

子を混在したものをトナーとするので、鉄粉を必要とせず、前記の問題が生じることはない。しかし、トナーの帯電の安定性を保つことが難しく、高速の記録装置には向いていなかった。しかし、現像機の改良で1980年代前半からの複写機に導入されはじめ、その問題もかなり解消されてきた⁽²⁻¹⁹⁾。これまで説明してきたトナーは、絶縁性のものであったが、トナーの帯電を容易にするために1成分現像のための導電性磁性トナーも開発されている⁽²⁻²⁰⁾、⁽²⁻²¹⁾。乾式現像の原理図を図2-10 (a)2成分現像、(b)1成分現像)に示す。

2. 4 従来技術

Carlson法に基づく電子写真記録は、図2-1で示されるように、複雑な記録プロセスが必要である。この記録プロセスを簡略化することで、装置の小形化・信頼性の向上が期待できる。これまでに電子写真記録のプロセス簡略化において提案されている背面露光型電子写真記録（感光体ドラムの内から外へ向けて像露光する）⁽²⁻²²⁾について述べる。

(1)絶縁性トナーを用いた記録方法

絶縁性トナーを用いた現像器と転写部だけで構成される記録方法が提案されている⁽²⁻²³⁾。その記録方法の構成を図2-11に、原理を図2-12に示す。現像器内のスリーブ上に設けた記録電極で-400Vの電圧を印加すると感光体が帯電し、それと同時に現像剤中の負に帯電したトナーは、導電体で誘起された正の電荷とに働くクーロン力のため感光体表面に一様に付着する。その状態で記録電極に向けて現像器の反対側から光照射を行うと、光励起による+キャリアが感光体の表面に移動し、トナーの負の電荷と感光体表面の正の電荷との間に働くクーロン力が大きくなる。一方、光照射が行われない場合は、光照射されたトナーに比べて電氣的付着力が小さい。このような電氣的潜像を形成した後、現像剤たまりで、第2の現像を行う。第2の現像では、スリーブに+15Vの電圧を印加することで、電氣的付着力の弱いトナーを感光体表面から取り除くことができる。この結果、トナー像が形成されることになる。

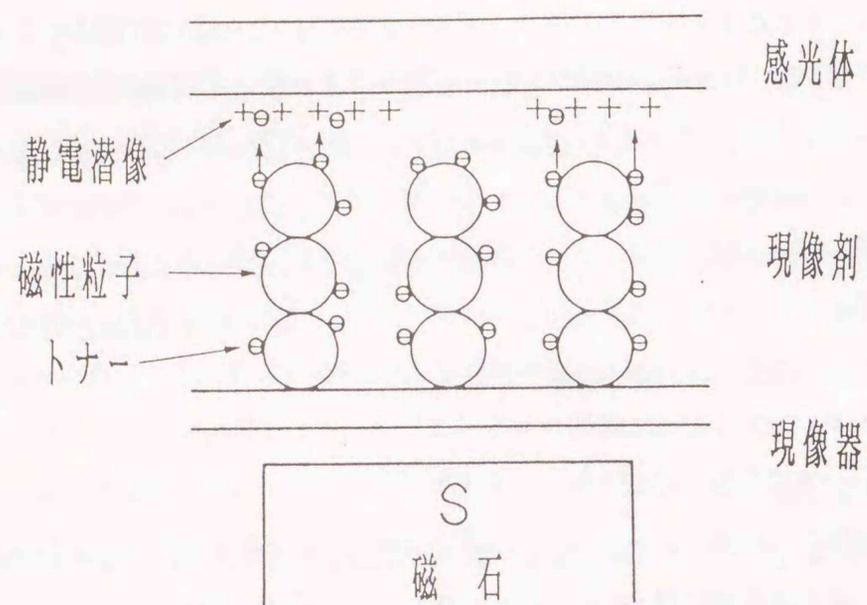


図2-10(a) 乾式現像の原理図

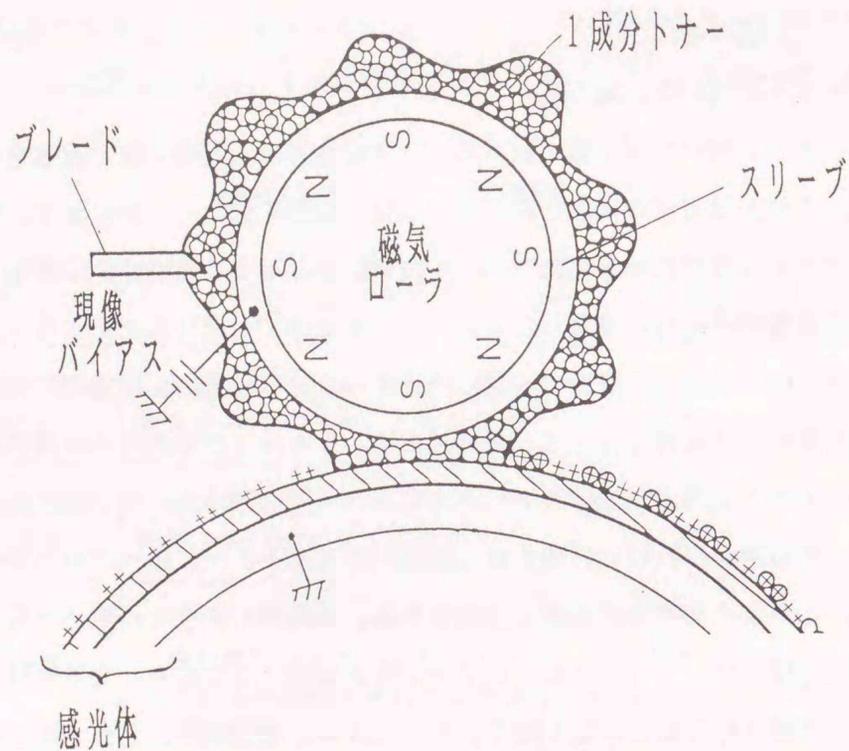


図2-10(b) 乾式現像の原理図

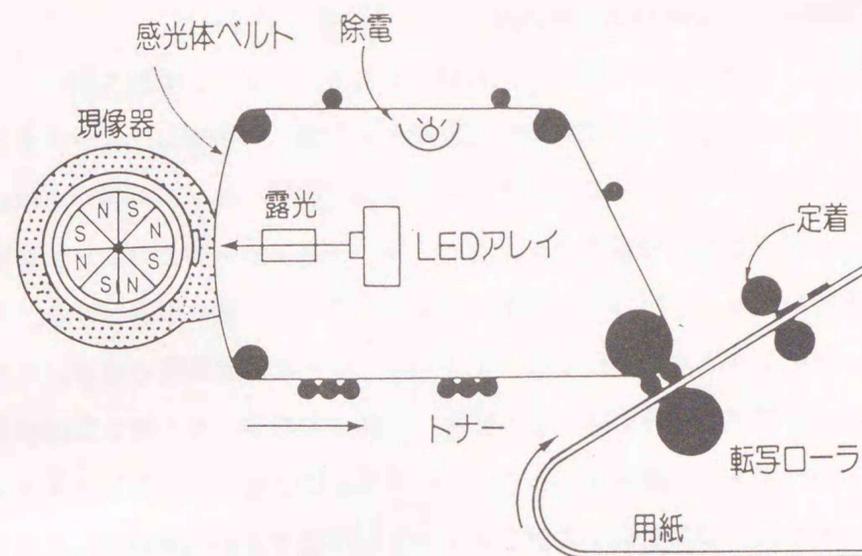


図2-11 絶縁性トナーを用いた光背面書込同時現像方式の構成

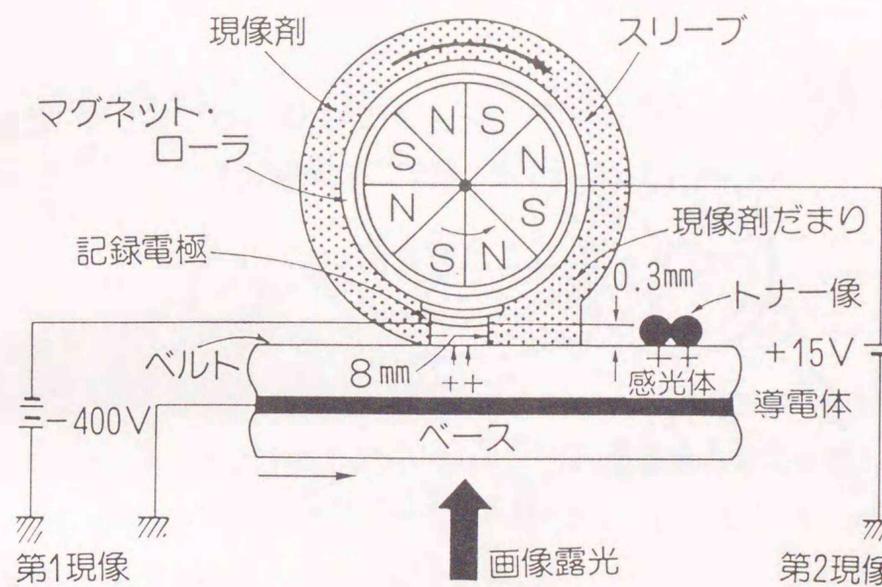


図2-12 絶縁性トナーを用いた光背面書込同時現像方式の原理図

(2)光導電性インクを用いた記録方法⁽²⁻²⁴⁾

光導電性インクを用いた記録方法の構成を図2-13に、原理を図2-14に示す。インク中の粒子に光導電性の性質を持たせておく。最初に、インクを透明ベルトに一樣にコーティングする。第1のコロナ荷電器でベルトの外側から事前に帯電を行い、インクを負に帯電させる。次に、ベルト内部から第2のコロナ荷電器で正の荷電を行い、インク中の負に帯電したトナーをベルト側に引きつける。その状態で、レーザにより光照射を行うと、光導電性トナーは、導電性となり、ベルト側の正電荷により電気的分極を起こす。分極した負の電荷がベルト側に奪われると同時にトナーがベルトから離れることで、トナーは正に帯電する。第1のコロナ荷電器で与えられた負の電荷量以上に第2のコロナ荷電器で正の電荷量を与えるため、ベルトの極性としては正になる。正に帯電したトナーは、ベルトと同極性のため、電気的反発力で金属ドラム側に付着する。金属ドラムに付着したトナーは、記録紙に転写される。ベルトは、クリーニングを終えて、次のサイクルに入る。

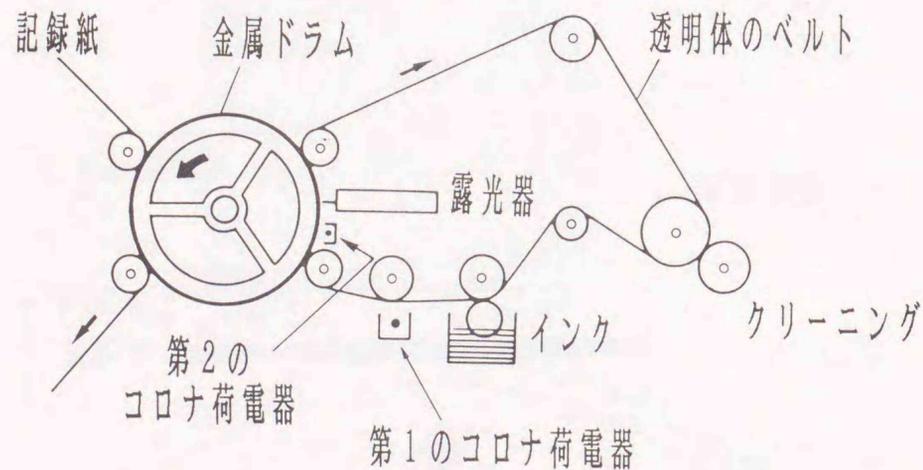


図2-13 光導電性トナーを用いた光背面書込同時現像方式の構成

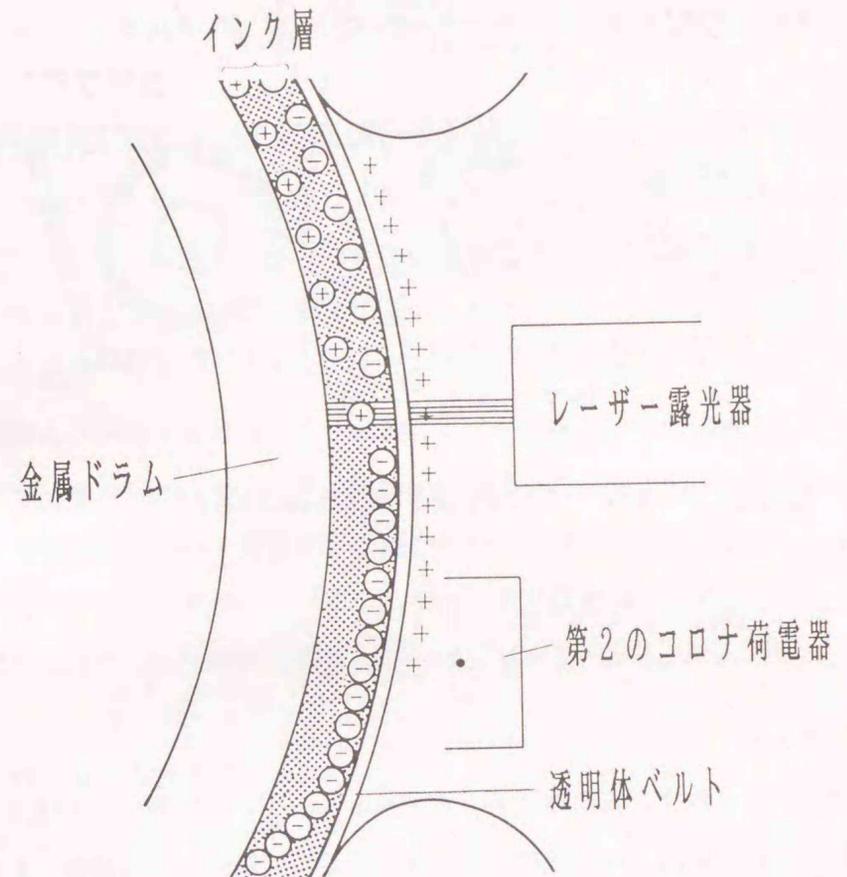


図2-14 光導電性トナーを用いた光背面書込同時現像方式の原理図

(3)その他⁽²⁻²⁵⁾

クリーニング・帯電器・現像器を1つの箱に納めて、光導電性のベルトの透明支持体側から光照射する構造が提案されている。この記録方法の構成を図2-15に示す。帯電を磁気ブラシで行うことを特徴としている。さらに、クリーニングおよび現像器についても磁気ブラシを用いている。

また、使用目的は異なるが、背面露光型でディスプレイ装置に応用した例も報告されている⁽²⁻²⁶⁾。

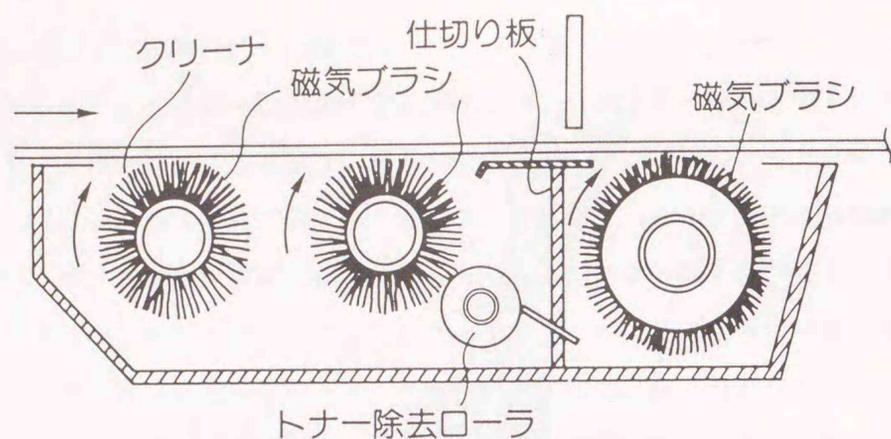


図2-15 光背面書込記録法の構成

2.5 まとめ

本章では、カールソン方式の電子写真プロセスについて説明し、本論文の研究内容に密接してかつ記録プロセスの必要条件である荷電技術と現像技術、および電子写真プロセスを簡略化する記録技術について述べた。

第3章 接触荷電法の原理と基本特性

電子写真記録において、感光体表面を帯電させる手段としてコロナ荷電法が用いられている。コロナ荷電法は、コロナ荷電器の構成が容易であるために用いられている⁽³⁻¹⁾。しかし、数千ボルトの高圧電源を必要とするため高圧に対するシールド対策、コロナ放電に伴い有毒ガスのオゾンが発生する⁽³⁻²⁾等の問題がある。オゾンは活性化分子なので、感光体の電気的特性を劣化させる。本章では、コロナ荷電法の問題点を解決する導電性粒子摩擦荷電法を提案し、その構成および原理について述べ、アモルファスセレン感光体を用いた場合の荷電実験がまとめられている。さらに、非接触型のコロナ荷電法と接触型の粒子摩擦荷電法とを比較し、それぞれの帯電原理について述べる⁽³⁻³⁾、⁽³⁻⁴⁾。また、粒子摩擦荷電法を用いたときの絶縁体・有機感光体についての荷電特性についても述べる⁽³⁻⁵⁾。

3.1 粒子摩擦荷電法⁽³⁻⁶⁾、⁽³⁻⁷⁾

2.2節で示した従来の接触荷電法は、感光体ドラムとの接触性が必ずしも十分ではない。そこで、接触性を高めるために導電性の粒子を用いることを提案する。以下に、その基本構成と原理を示す。

(基本構成)

粒子摩擦荷電法は、大きさが $10\sim 20\mu\text{m}$ の導電性の磁性粒子を用いる。磁性粒子は、磁性を持たせるための鉄粉、導電性を持たせるためのカーボン、それらを固めるための樹脂で構成されている。この磁性粒子は第4章で用いるトナーと同じ材料で、本章では磁性粒子と呼ぶことにする。導電性磁性粒子を用いた接触荷電器の基本構成を図3-1に示す。磁性粒子を搬送させるための円筒状の導電性非磁性スリーブ、磁性粒子を荷電器に引きつけるためにスリーブ内部に磁気ローラを配置し、導電性スリーブに電圧を印加するための電源からなる。荷電器のローラ部を図3-2の写真に示す。図3-3は、磁性粒子層の拡大写真を示しており、磁気ローラの磁力のため粒子はブラシ状になり、磁極の位置でブラシの高さが一番高くなる。スリーブを回転させて、磁性粒子からなるブラシで感光体表面を摩擦する。導電性の

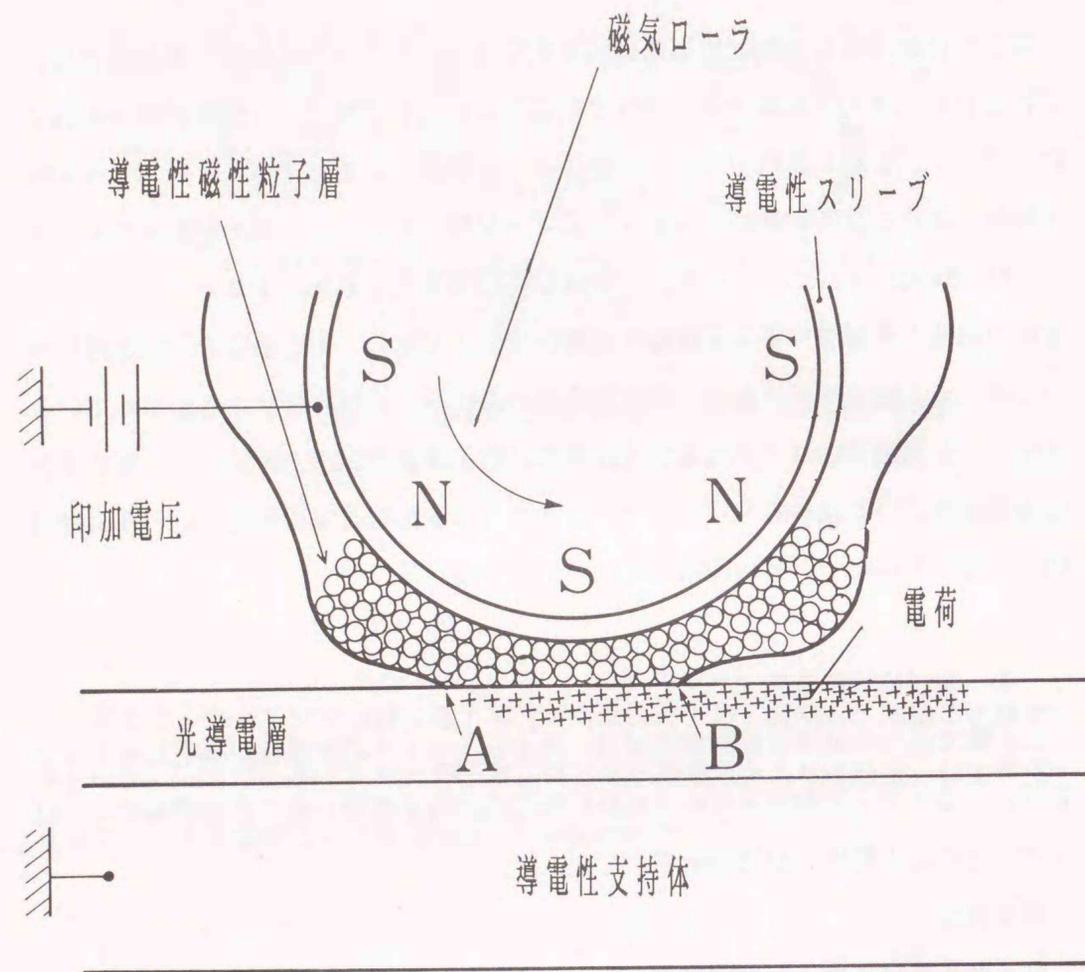


図3-1 粒子摩擦荷電法の基本構成

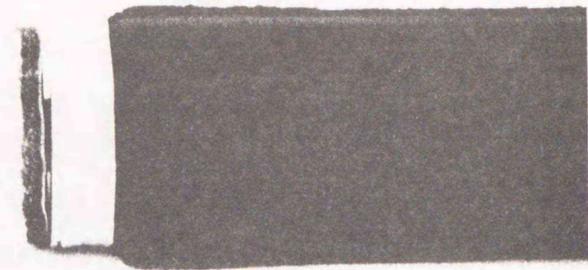


図3-2 荷電器のローラ部の写真

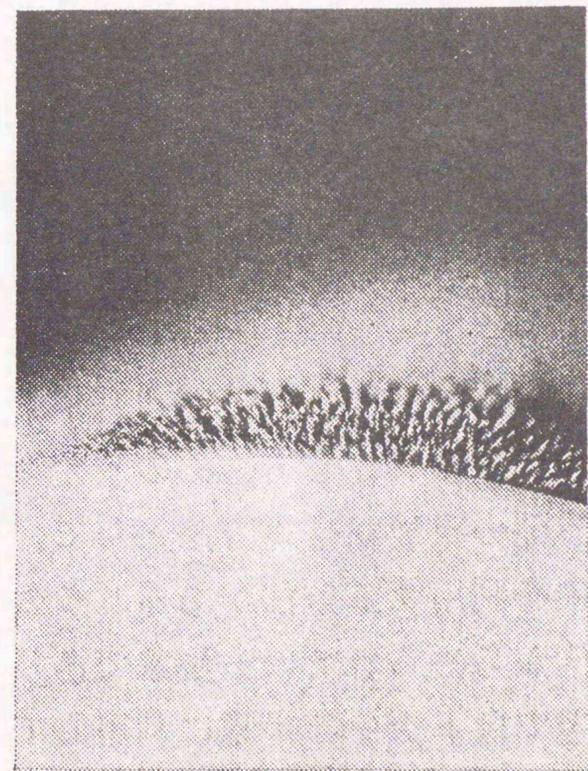


図3-3 粒子層の拡大写真

スリーブに電圧を印加すると、導電性を持つ磁性粒子を伝わって、ドラム表面に印加電圧と等しい電位がかかることになる。

(基本原理)

導電性磁性粒子層（以下粒子層と呼ぶ）と感光体表面層と接触する寸前（図3-1のA点）では、感光体表面はほぼ零電位である。一方、粒子層は帯電に必要な電圧が印加されているため、粒子層と感光体表面層と接触し始めるときに、その強い電界のため粒子は感光体表面に付着する。磁性粒子の形状は凹凸が激しく、接触している点では高い応力の集中⁽³⁻⁸⁾ および電界集中（図3-4）が生じて、電荷の

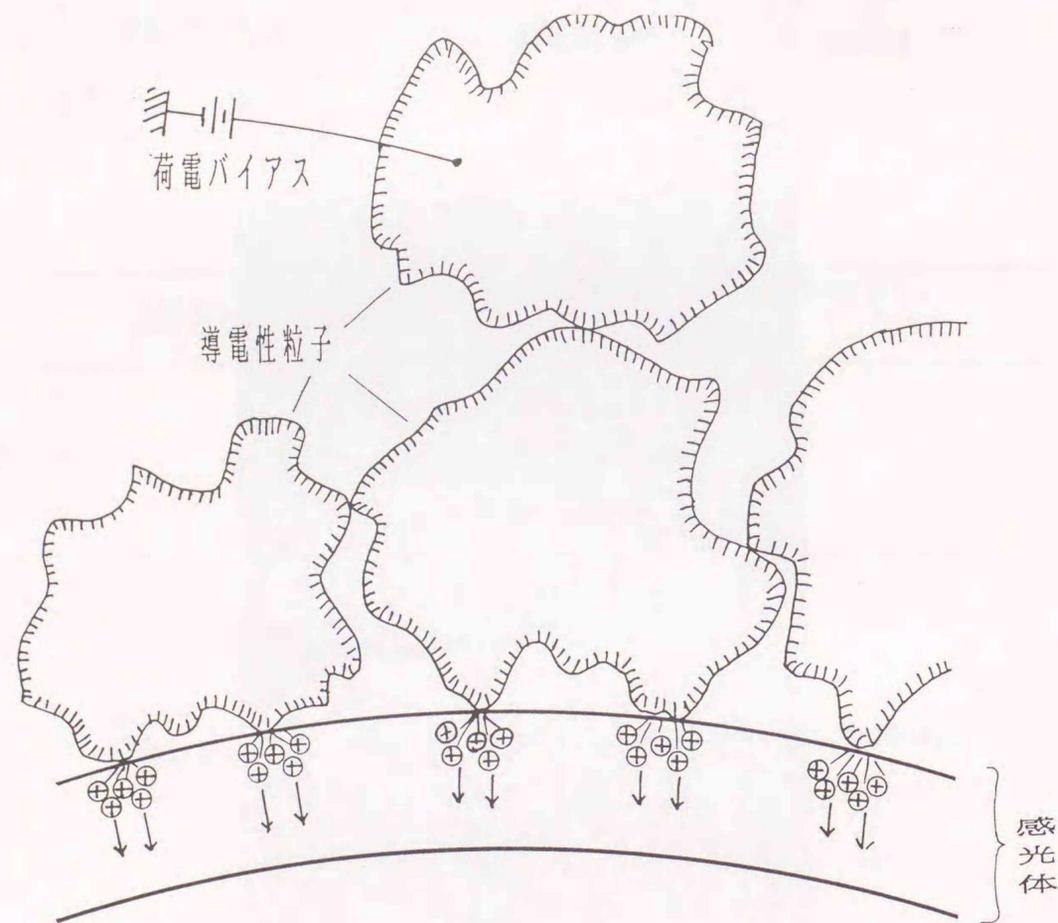


図3-4 粒子と感光体ドラム表面との接触状態

注入が容易に行われる。電荷注入により粒子の電位と感光体表面の電位が等しくなると電気力は働かなくなるが、接触点以外では電気力が働いており磁性粒子は感光体表面に付着したままである。スリーブの回転で磁性粒子が搬送されており、搬送されてきた磁性粒子が感光体表面に付着した磁性粒子に衝突し、移動する。これらの繰り返りで、帯電した領域が多くなり、感光体の表面電位が上がる。その表面電位が印加電圧と等しく成ると磁性粒子に働く電気力なくなり、磁気力で荷電器側に引き付けられる。粒子層が感光体表面と離れる時（図3-1のB点）には、感光体の表面電位と印加電圧とはほぼ等しい。また、粒子摩擦荷電法を用いたときの帯電ムラに対しては、以下の理由で生じにくい。磁性粒子が感光体表面に接触したとき、電荷注入で接触点の表面電位が上昇する。接触点の電気力が弱まると、磁性粒子は感光体上の電位の低い領域へ電気力で移動する。ブラシに比べて、磁性粒子の移動の方が容易である。その結果、一様に接触させることができ、表面電位のムラは生じにくい。

3. 2 アモルファス・セレンにおける帯電特性

電子写真記録における感光体材料⁽³⁻⁹⁾として望ましい諸特性は次のようになる。

1. 電荷を受容する能力が高いこと。
2. 暗時の電荷減衰が小さいこと。
3. 使用光のスペクトル範囲にわたり、光照射に対する応答が速やかで電荷の減衰が十分に行われること。
4. 残留電位の少ないこと。
5. 露光・帯電の連続使用に対する疲労が少ないこと。
6. ひっかき強度および摩耗強度が大きいこと。

これらの特性を満足する代表的な感光体材料として、アモルファスセレンが挙げられる。1980年後半になると、電気的特性に優れるアモルファス・シリコン等が用いられている。但し、製造コストが高いため高級複写機にだけ用いられている。ここでは、感光体材料として最も多用されているアモルファスセレンを用いて、粒子摩擦荷電法の荷電特性を調べた。

3. 2. 1 実験方法

<実験装置>

実験装置の構成を図3-5に実験装置の外観写真を図3-6に示す。荷電器は、非磁性のスリーブ（アルミニウムの筒状から成る）とその内部の磁気ローラとで構成されている。スリーブは回転によって磁性粒子の搬送を行い、磁気ローラは磁性粒子を荷電器側に引きつけて磁性粒子の搬送を安定に行うためのものである。スリーブ上の粒子層は、磁極の位置で厚くなり、磁極間で薄くなる（図3-3）。スリーブの回転速度および感光体ドラムの回転速度は、可変にできるように設計されている。表面電位は、荷電器のすぐ直後に表面電位計のプロープを配置して非接触で測

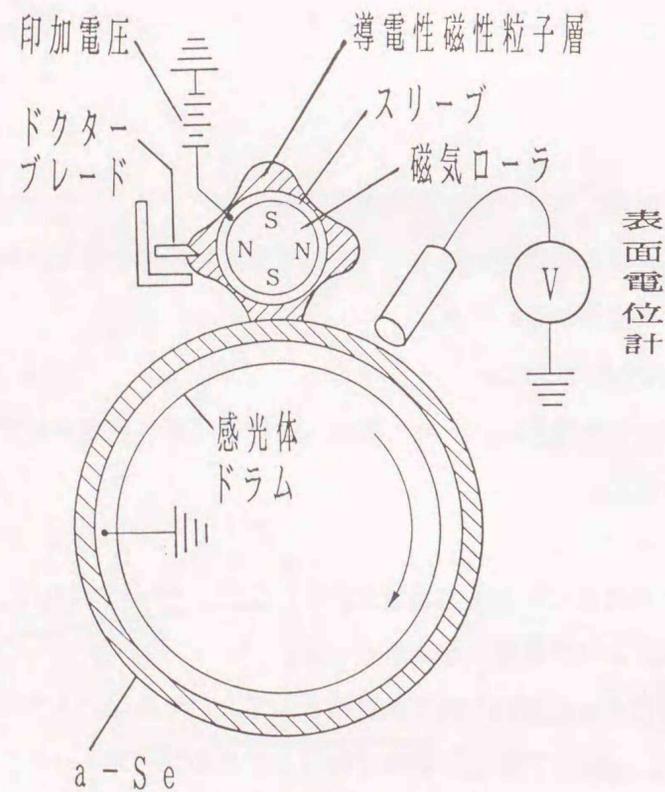


図3-5 粒子摩擦荷電器の構成

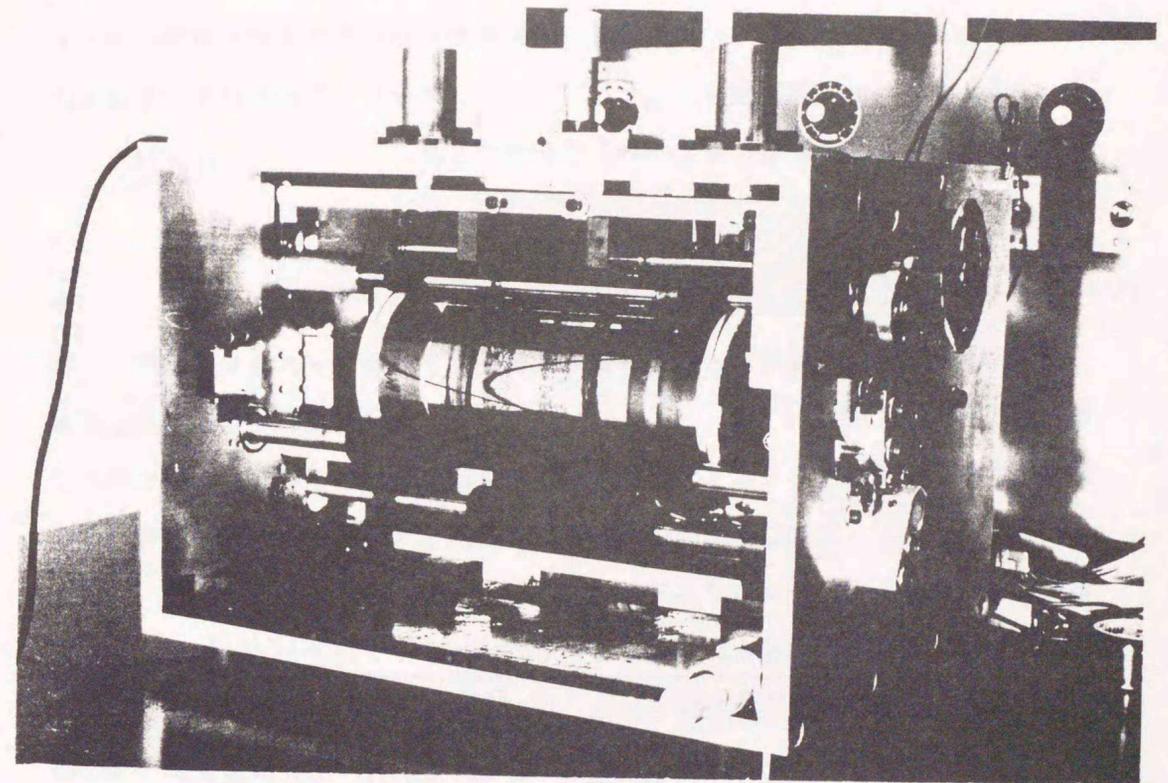


図3-6 実験装置の外観写真

定される。感光体ドラムの表面電位を測定する場合は暗中で実験を行う。

荷電器と感光体表面とのギャップは0.7 mm、粒子層の厚さを決めるドクタブレードは0.8 mmとした。これらの値は、第5.5節で検討したギャップの最適値である。磁気ローラとしては、8極で各極が500 Gaussのものを用いた。磁性粒子は、粒径分布が10~30 μm 、抵抗率が約 $10^3 \Omega\text{cm}$ のものを用いた。粒子層が感光体に接触している面積は5.4 cm^2 （回転方向に1 cm、軸方向に5.4 cm）である。スリーブ径は2.5 cm、感光体ドラムの直径は8 cmである。スリーブおよび感光体ドラムの周速度は、特に断わらない限りそれぞれ30 cm/sec 、5 cm/sec で実験を行った。アモルファスセレンの膜厚は電子写真記録で標準的に用いられている50 μm のものを使用した。

3.2.2 スリーブ周速による帯電特性⁽³⁻¹⁰⁾

電子写真記録の感光体材料として、最も代表的なアモルファスセレンを用いて荷電実験を行った。図3-7は、アモルファスセレン感光体を用いたときの荷電実験結果である。印加電圧300 Vで、印加電圧のほぼ80%以上の表面電位を得ることができた。また、印加電圧と表面電位がほぼ比例していることから、必要とする電位に帯電させることが可能である。

表面電位とスリーブ周速との関係については、スリーブ周速が2.5 cm/sec 以上で、効率の良い表面電位を得ている。但し、5 cm/sec 以下では、荷電器の磁性粒子が荷電後も感光体表面に付着している。これは、感光体表面が十分に帯電していないために、電気力が磁気力より大きいために生じた。電子写真記録の荷電器として安定に用いるためには10 cm/sec 以上のスリーブ周速が必要である。粒子層が接触している領域ではスリーブの回転方向とドラムの回転は逆になっている。スリーブ周速が速くなれば、それに応じて表面電位も上昇している。また、スリーブ周速が0 cm/sec の場合は、粒子の搬送が行われていないので十分な接触性を得られておらず、ほとんど帯電がなされていない。

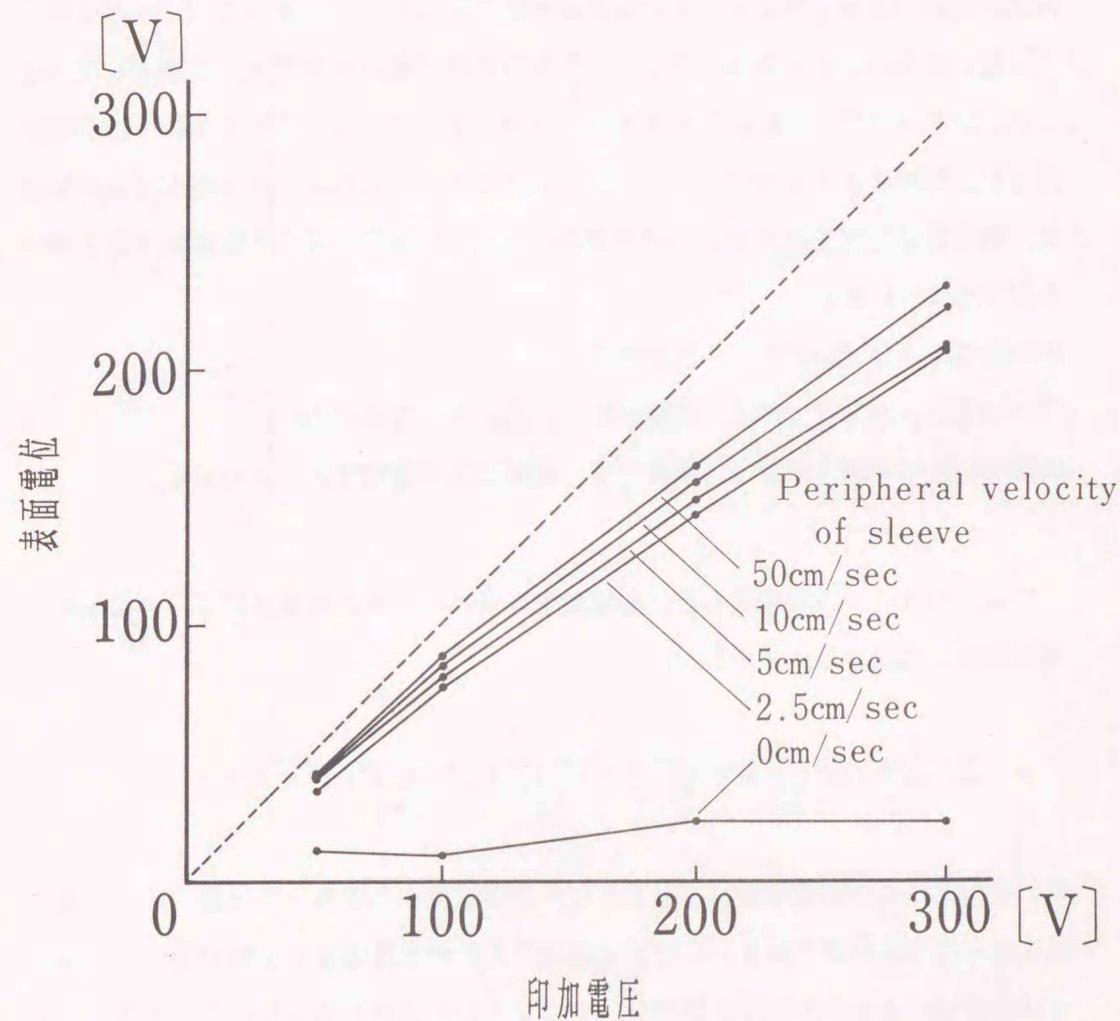


図3-7 粒子摩擦荷電による帯電特性

接触型荷電の帯電機構としては、以下のように考えられる。印加電圧が高い場合は、気中放電による帯電である。しかし、この気中放電は、パッシェン曲線⁽³⁻¹¹⁾（空気に対して最少破壊電圧は360V付近で、これ以下であれば空気の圧力、電極間距離のいかんにかかわらず絶縁破壊が起こらない。）に従うと、360V以下では起こらないことになる。図3-7の帯電特性で低い印加電圧でも帯電していること、スリーブの回転数により表面電位が異なることから、360V以下の印加電圧では、接触による電荷注入で帯電が行われると考えられる。印加電圧がない場合は、磁性粒子と感光体表面との摩擦帯電による。接触型荷電の帯電機構をまとめると以下のようなになる。

- (1) 印加電圧 = 0 V の場合 摩擦帯電
- (2) 印加電圧 = 0 V ~ 360 V 摩擦帯電, 接触による電荷注入
- (3) 印加電圧 = 360 V 以上 摩擦帯電, 接触による電荷注入, 気中放電

次に、図3-7の実験をもとに荷電効率を求めた。その結果を図3-8に示す。荷電効率 η は以下の式で求めた。

$$\eta = Q_1 / Q_2 \times 100 = C \cdot \Delta V / \{ (I/S) \cdot t \} \times 100 \quad (3-1)$$

Q_1 は感光体表面に電荷が存在するとして表面電位から求めた電荷量、 Q_2 は粒子層を流れた全電荷量である。Cは単位面積当たりの光導電体の電気容量、 ΔV は粒子摩擦荷電による表面電位の増加分、Iはブラシを流れた電流量、Sとtはブラシと光導電体とが接触している面積と時間を表わす。スリーブの周速に関係なく95%以上の電荷が感光体のバルクを通過している。従来の電子写真記録で用いられている非接触型のコロナ荷電法は、数10%以上の荷電効率を示している。この荷電率の違いから、粒子摩擦荷電法はコロナ荷電法と異なり、電荷注入で帯電していることが分かる。

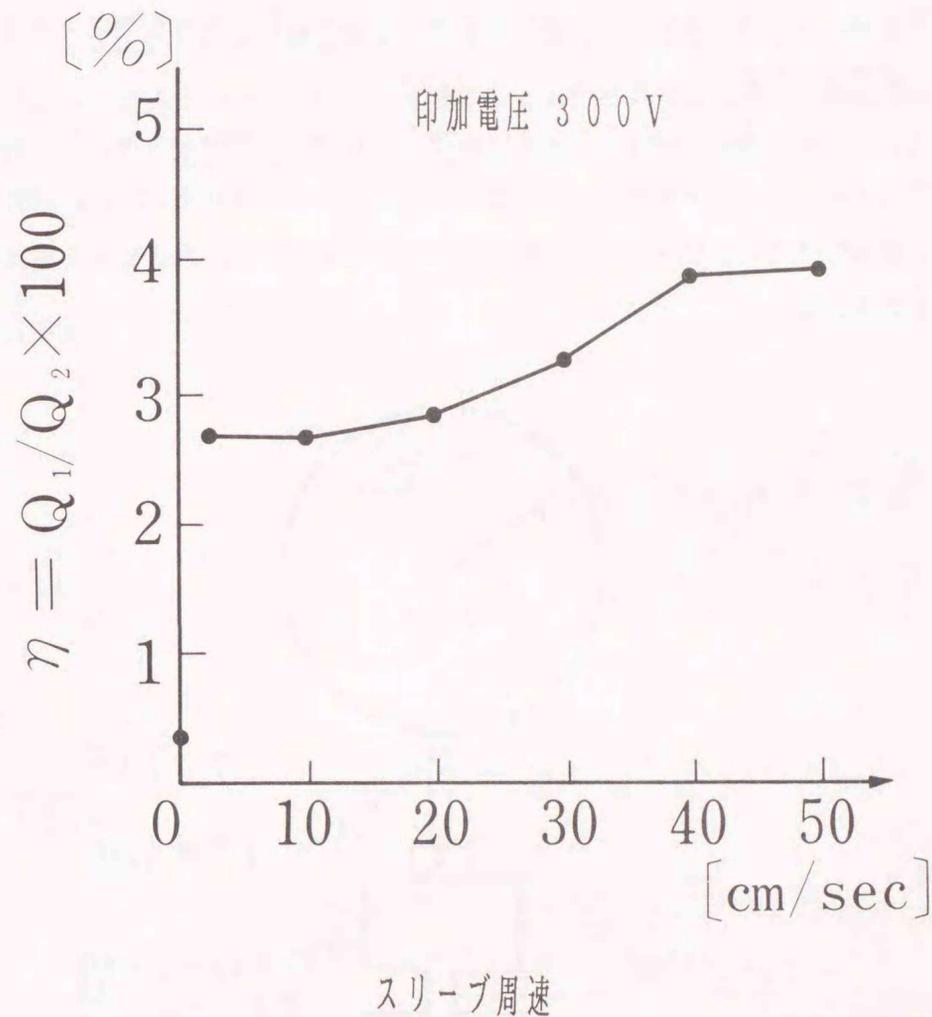


図3-8 荷電効率のスリーブ周速依存性

3. 2. 3 磁性粒子の抵抗による帯電特性

磁性粒子の抵抗率を変化させた場合の帯電特性について検討した。磁性粒子の抵抗率については、図3-9に示すような装置に粒子を挿入して測定した。磁性粒子の抵抗は、カーボンと樹脂との混合比で決められる。粒子抵抗を測定する方法は、以下の通りである。

テフロン製 ($\phi 3.05\text{mm}$) シリンダ内に粒子 (100mg ~ 200mg) を挿入し、荷重100gを印加する。続いてマルチメータで抵抗を測定する (印加電圧10V)。図3-9に示す装置のダイヤルゲージにより粒子層の厚さを測定する。次式により電気伝導度 σ を算出する。

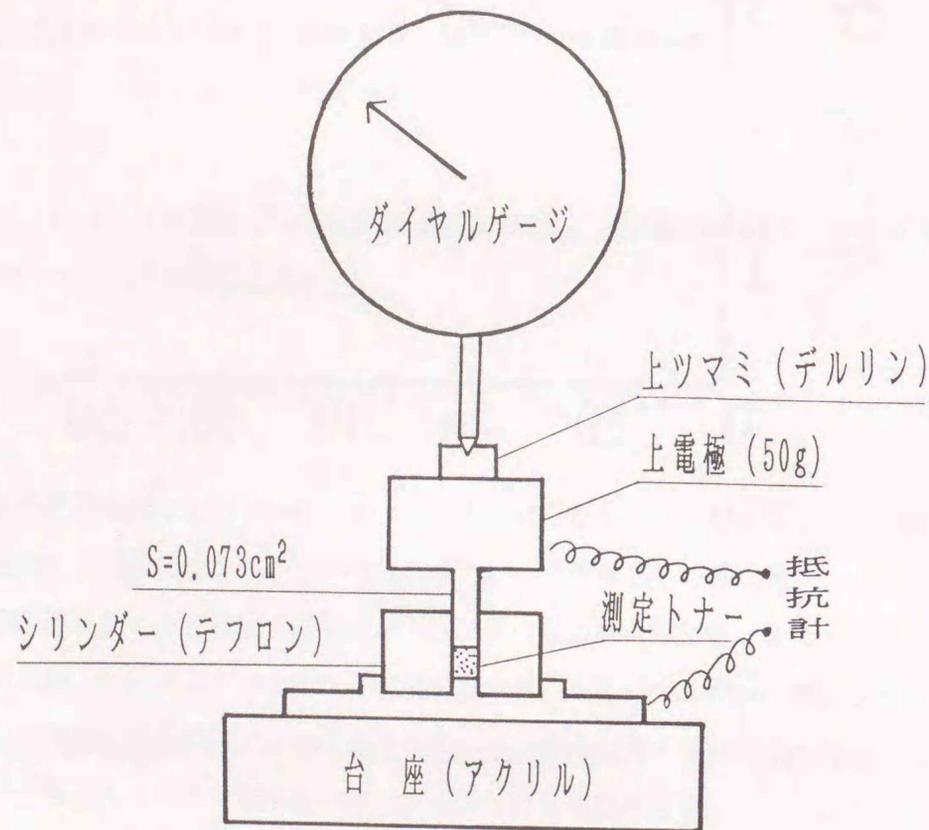


図3-9 粒子抵抗の測定装置の構成

$$\sigma = L / A \cdot R \quad (3-2)$$

σ : 電気伝導度 (m h o / c m), L : シリンダー内のトナー層の厚さ (c m)

A : シリンダーの断面積 (c m²), 直流電気抵抗 (o h m)

図3-10に磁性粒子の抵抗率を変化させた場合の帯電特性を示す。抵抗率 $10^3 \sim 10^{10} \Omega \text{cm}$ の範囲において、いずれの抵抗率においてもほぼ同程度の表面電位を得ることができた。但し、抵抗率 $10^{10} \Omega \text{cm}$ の磁性粒子を用いた実験では、スリーブと

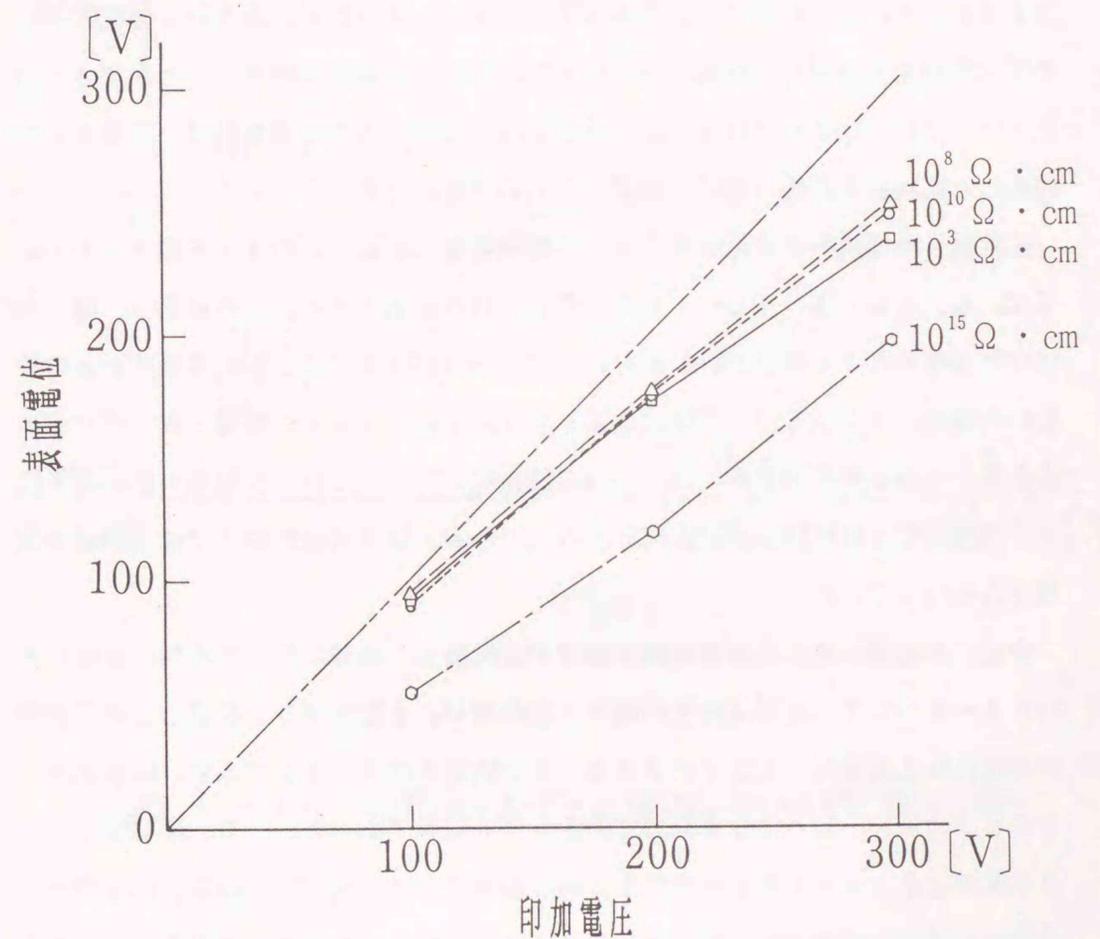


図3-10 磁性粒子の抵抗率による帯電特性

感光体ドラムとのギャップ $G = 0.7 \text{ mm}$ で粒子付着による地汚れを除去できなかったため、 $G = 0.5 \text{ mm}$ (ギャップを小さくすることで、粒子層が圧縮され、かきとり力が大きくなる。) として測定を行った。また、地汚れについては低抵抗磁性粒子ほど生じにくい傾向があった。

抵抗率 $10^{15} \Omega \text{ cm}$ の磁性粒子では、地汚れを取り除くことができなかった。これは、次のように考えられる。帯電した磁性粒子が感光体表面に接触したとき、対向電極とのクーロン力で磁性粒子が付着する。磁性粒子は絶縁性なので感光体内に電荷注入をほとんど行わないので、感光体は帯電しない。そのため、感光体と磁性粒子との電気的反発力が弱く、低抵抗磁性粒子のように感光体から離れることができない。図3-10における $10^{15} \Omega \text{ cm}$ の磁性粒子を用いて得られた表面電位は、感光体上に付着した磁性粒子の持つ電荷を測定したものであると考えられる。

磁性粒子の抵抗率を変化させた場合の電荷量 Q_1 と Q_2 との比 η を図3-11に示す。 Q_1 と Q_2 は、(3-1) 式の場合と同じ定義である。この結果は、地汚れのない条件のもとで測定が行われた。 $10^{10} \Omega \text{ cm}$ の磁性粒子の比較的高抵抗のものを用いた場合、 100 V では電荷注入量の半分以上がトラップに捕獲され、それが表面電位になると考えられる。 $10^{10} \Omega \text{ cm}$ の磁性粒子でも、それより抵抗の低い磁性粒子と表面電位とはほぼ同じ表面電位であることから、低抵抗磁性粒子では、過剰の電荷注入を行っている。

次に、荷電器に流れる荷電電流を制限する抵抗 R (電源に対して直列に接続) をパラメータとして、表面電位を形成する電荷量 Q_1 と磁気ブラシを通して単位面積中に流れた電荷量 Q_2 と比 η を求めた。その結果を図3-12に示す。印加電圧 = 300 V のとき、 $R = 100 \text{ M}\Omega$ で約 50% の効率であった。一方、印加電圧 = 100 V のとき、 $R = 100 \text{ M}\Omega$ で 93% の効率であり、式(3-1) の Q_1 の定義から、大部分の注入電荷が表面近傍に存在することになり、バルク中への進入が行われていない。このような注入電荷がバルク中に入ることを妨げる作用をブロッキング的な働きという。その表面層をブロッキング層と定義する。図3-12で、印加電圧の低い場合に荷電効率が高いことから、ある電位まではブロッキング的に働く層が

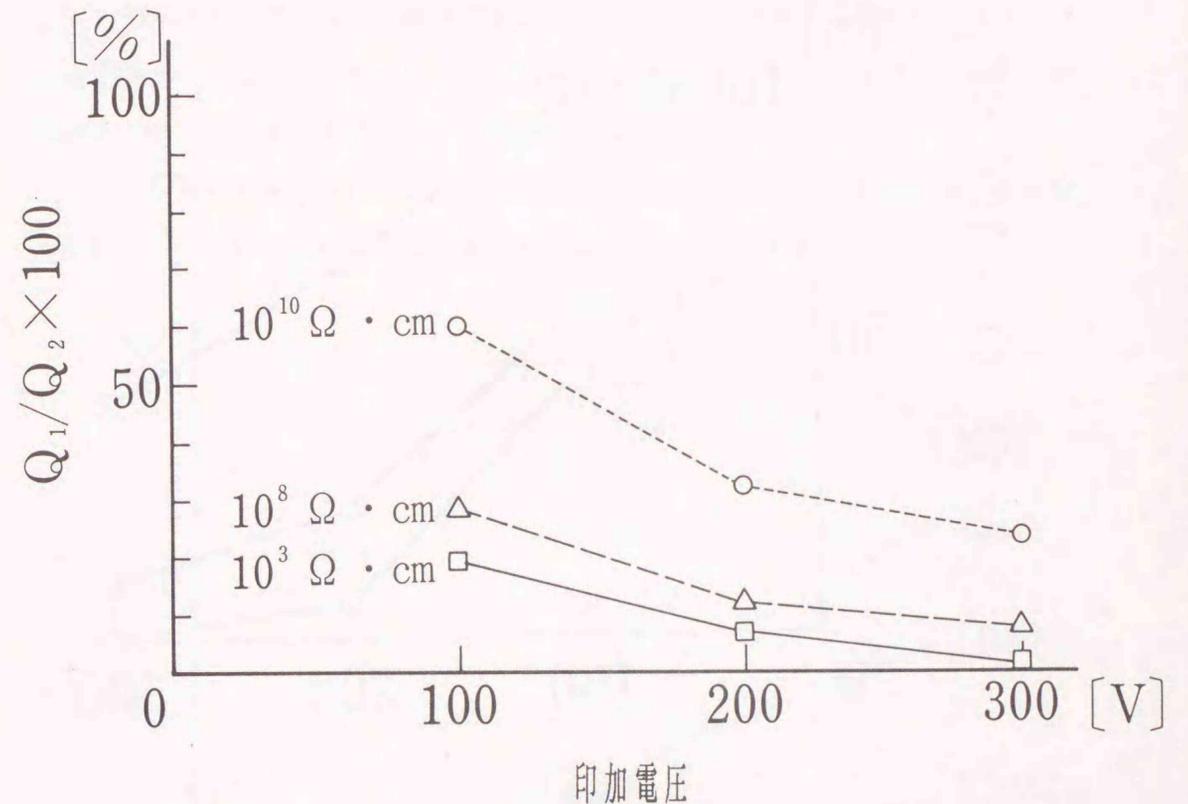


図3-11 磁性粒子の抵抗率と荷電効率

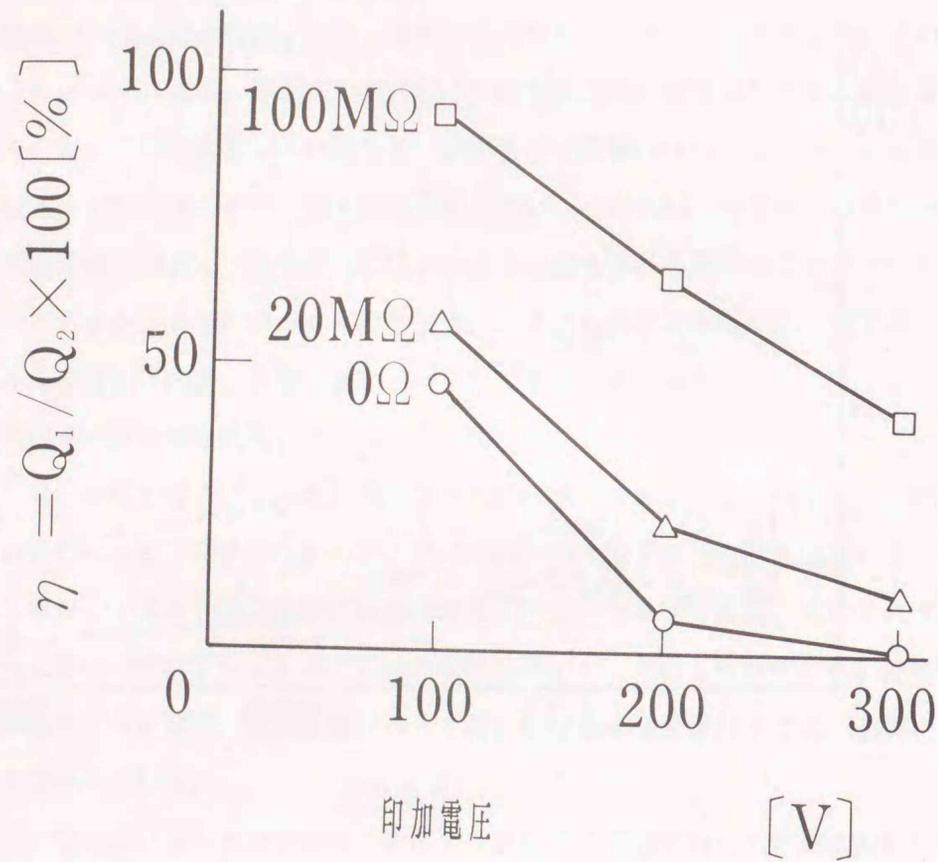


図3-12 荷電電流制限用抵抗値と荷電効率

表面またはその近傍に存在することが考えられる。

また、抵抗値 R をパラメータとして、印加電圧と表面電位との関係について求めたグラフを図3-13に示す。印加電圧300Vの場合で図3-12と比較してみると、 $R=0$ のとき1%の効率で220Vの表面電位である。一方、 $R=100\text{M}\Omega$ で50%の効率で110Vの表面電位である。つまり、注入された電荷が多いほど高い表面電位を得ることができる。また、電荷注入によりバルク中のトラップに電荷が捕獲されることで表面電位が上がると考えられる。

以上、本荷電法は、ある電位までブロッキング的に働く層が表面またはその近傍に存在し、さらに、激しい電荷注入でより高い表面電位を得た。

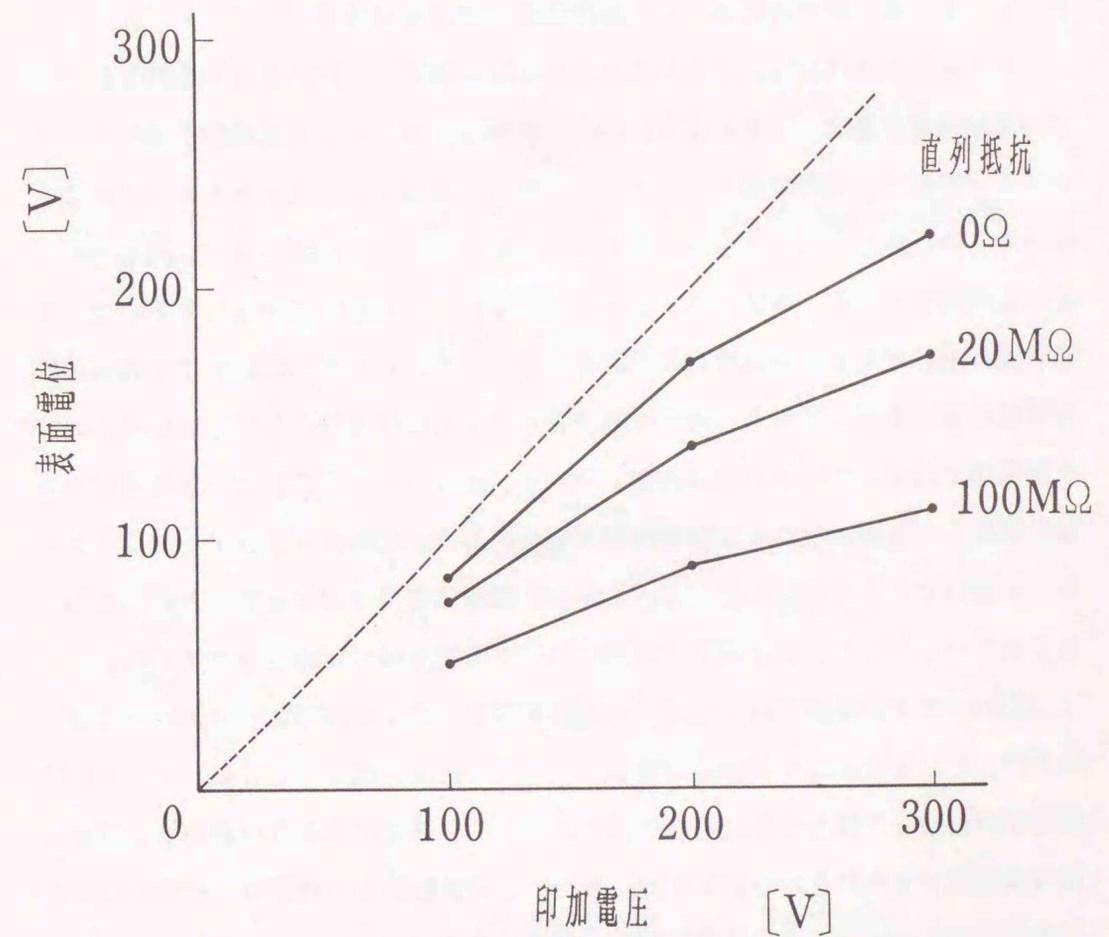


図3-13 荷電電流制限用抵抗値と表面電位

3. 3 表面電位減衰

荷電後の表面電位の減衰は地よごれ、濃度等の最終的な画像特性に大きな影響を及ぼすため、荷電・露光・現像等が順次に行われる現在の電子写真記録では、この減衰の速度が小さいことが必要である。表面電位減衰の検討については、コロナ荷電法を用いて絶縁体および光導電体を帯電させ、その表面電位の減衰を測定することによって、移動度の推定⁽³⁻¹³⁾、⁽³⁻¹⁴⁾、深いトラップの推定⁽³⁻¹⁵⁾および感光体の評価⁽³⁻¹⁶⁾等が行なわれている。これらは、コロナ荷電を用いた荷電法を利用したものであり、接触型荷電後の減衰機構に関する報告はなされていない。本節では、接触型の粒子摩擦荷電法による表面電位減衰に関する実験および考察を行った。

3. 3. 1 粒子摩擦荷電法とコロナ荷電法の表面電位減衰⁽³⁻¹⁷⁾

コロナ荷電法を用いて、アモルファスセレンに荷電した後の表面電位減衰についての実験結果を図3-14に示す。図中の曲線a, b, cは荷電時間の違いを示す。ドラム一回転で、荷電時間0.2 secになる。曲線aは、感光体ドラムの表面電位が0 Vの状態から行ったものである(1回転のみで)。曲線bは、4回転させた後の表面減衰を示す。曲線cは、表面電位が飽和した状態まで荷電したもので、荷電時間は24秒である。荷電時間の異なる曲線a, b, cいずれにおいても減衰曲線は同様の傾向を示しており、荷電時間が長くなると表面電位が上昇している。コロナ荷電法で荷電した場合の表面減衰について、McCurry⁽³⁻¹⁸⁾らは、表面電位の2乗に比例して電流が流れる空間電荷制限電流の考えが絶縁体およびアモルファスセレンに適用できると報告している。しかし、厳密には当てはまらないという指摘もなされている⁽³⁻¹³⁾。表面電位と減衰についての定説はまだ確立されていない。

上記のコロナ荷電法で行った同一の測定条件で、粒子摩擦荷電法を用いた荷電実験を行った。そのときの表面電位減衰についての結果を図3-15に示す。荷電時間の短い曲線aでは表面電位減衰の速度が大きく、荷電時間の長い曲線cは表面電位減衰速度が小さいという結果が得られた。この実験結果の特徴は、初期の表面電位が同一にもかかわらず、荷電時間により減衰曲線が異なることである。コロナ荷電を用いた表面電位減衰⁽³⁻¹³⁾では、初期の表面電位が同じであればほぼ同一の減

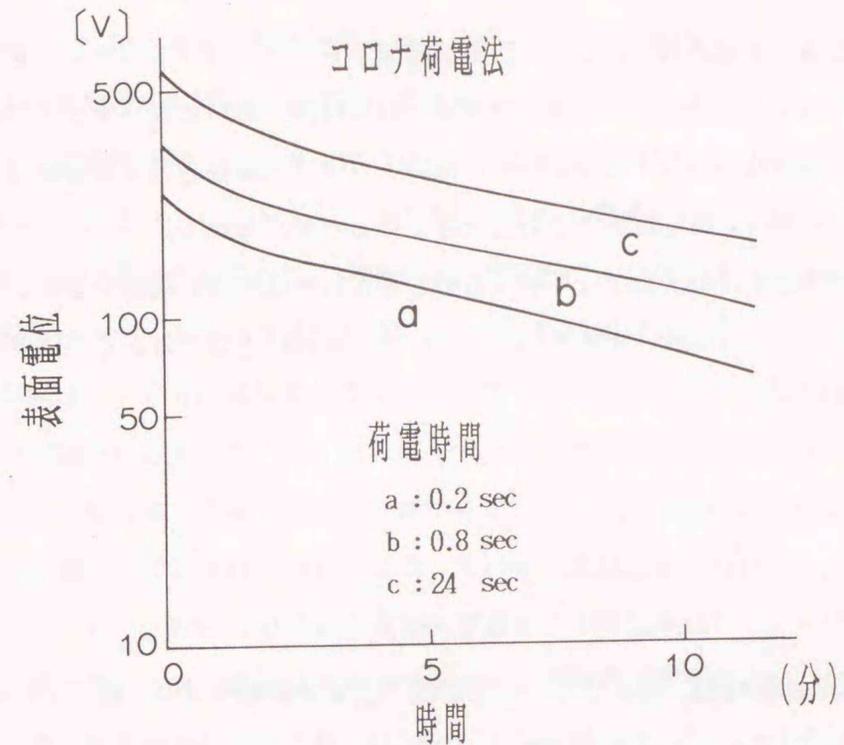


図3-14 コロナ荷電による電位減衰

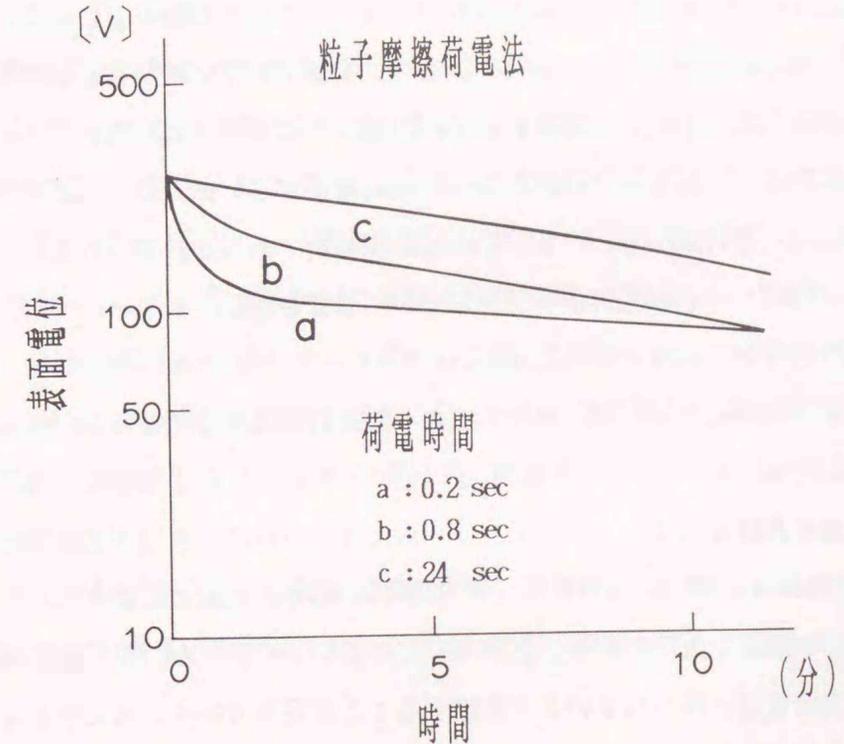


図3-15 粒子摩擦荷電による電位減衰

衰曲線になると予想される。これらの実験結果から、アモルファスセレンを粒子摩擦荷電法で荷電したときの表面減衰機構は、荷電時間が短いと浅いトラップに捕獲されるが、荷電時間が長くなるにつれて深いトラップに捕獲される確率が高くなるために、その深さは荷電時間とともに大きくなると考えられる。

次に、粒子摩擦荷電法によって表面電位を形成した場合の正孔のトラップの深さを推定する。正孔の解放される平均時間 τ_t は、あらい近似ではあるが以下の式で表わされる⁽³⁻¹⁹⁾。

$$\tau_t = \frac{E_t / kT}{\omega} \quad (3-3)$$

τ_t は正孔の解放時間、 E_t はトラップの深さ、 k はボルツマン定数 ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$)、 T は絶対温度、 ω は振動数 (1/秒) を表わす。(3-3) 式から E_t を推定する。ここで、 τ_t は表面電位の半減期とし、図3-15の曲線 a の半減期は10秒、曲線 c の半減期は600秒としたときの値を τ_t に用いた。実験は、 $T=295^\circ$ で行った。 ω (1/sec) は、室温で非常に粗い推定値であるが 10^{13} として計算した⁽³⁻¹⁹⁾。荷電時間が短い曲線 a では捕獲された電荷のトラップの深さは $E_t = 0.820 \text{ eV}$ 付近であり、荷電時間が長い曲線 c では捕獲された電荷のトラップの深さは $E_t = 0.924 \text{ eV}$ 付近であると計算される。アモルファスセレンに関して、正孔のトラップについては深さが $0.16 \text{ eV} \sim 0.3 \text{ eV}$ 付近⁽³⁻²⁰⁾ と深い所に存在すると報告されている⁽³⁻¹⁵⁾。アモルファスセレンにおける深いトラップについては、星野らによる熱励起電流測定法から 0.8 eV 付近を中心として $0.6 \sim 1.1 \text{ eV}$ に分布⁽³⁻²¹⁾、Fotland による過渡光電流の回復時間の温度依存性から 0.77 eV ⁽³⁻²²⁾ および Hartke による空間電荷制御電流の温度依存性から 0.99 eV ⁽³⁻²³⁾ という報告があり、上記の計算されたトラップの深さがこの範囲に入っていることから、この深いトラップが、粒子摩擦荷電法で得られた表面電位に関与していると推定することは妥当であると考えられる。

3. 3. 2 粒子摩擦荷電法で得られた表面電位の減衰特性

粒子摩擦荷電法で用いる磁性粒子の抵抗を変えたときの表面電位の減衰特性を測定した。磁性粒子は、高抵抗 ($10^{10} \Omega\text{cm}$) と低抵抗 ($10^3 \Omega\text{cm}$) の2種類を用いた。測定結果を図3-16に示す。図中のAは、20分間連続で荷電させた後ドラムを停止して電位減衰を測定した。荷電中は、光照射による除電は行わない。表面電位は、荷電バイアス V_c とほぼ同じ値に達した。電位減衰において、特に低抵抗粒子での荷電は、10分経過しても260Vもの電位を保持した。また、高・低粒子荷電の初期電位には差がないが、低抵抗粒子のほうが高抵抗粒子より表面電位減衰が小さい。低抵抗粒子荷電で電位減衰が小さいのは、電荷注入量が多いことで、浅い準位の捕獲から深い準位の捕獲に変化しているためだと考えられる。

一方、Bは、上記のそれぞれの荷電実験後約24時間経過してから除電なしに約10秒間荷電した後の表面電位減衰を表わす。初期の表面電位としては250Vあるが、高・低抵抗のいずれの荷電においても電位減衰が大きい。これは、24時間経過したことで深い準位に捕獲された電荷が熱的に解放されたことを示す。この実験においても、低抵抗粒子のほうが高抵抗粒子より表面電位減衰が小さい。

光照射による除電 (表面電位を約1/2にする: 電子写真記録では、表面電位を1/2にすることで必要とする記録濃度が得られる。) を行った場合の電位減衰と除電を行わない場合とを比較した測定結果を図3-17に示す。除電を行わない場合の荷電時間を5分とした。印加電圧300V, 200Vのいずれにおいても緩やかな減衰を示した。除電を行った実験については、光照射による除電および荷電繰り返しを5分間続けた後ドラムを停止して電位を測定した。いずれの印加電圧においても激しく表面電位が減衰するのが見られる。この激しい表面電位の減衰は、光照射による除電が深いトラップに捕獲された電荷を解放することから生じると考えられる。

これらの結果から粒子摩擦荷電法を実際に荷電器として用いる場合を考えると、荷電してから露光・現像はできるだけ短い時間 (数秒以内) で行う必要がある。

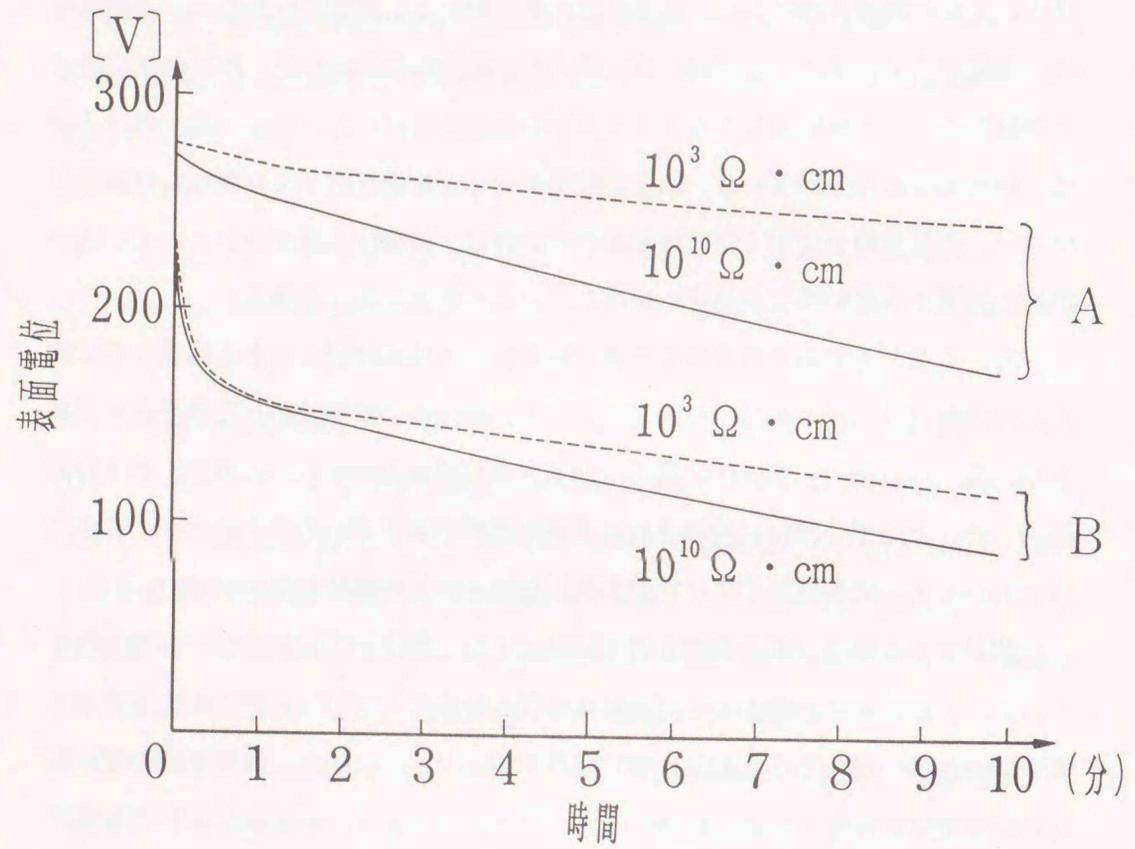


図3-16 電位減衰特性

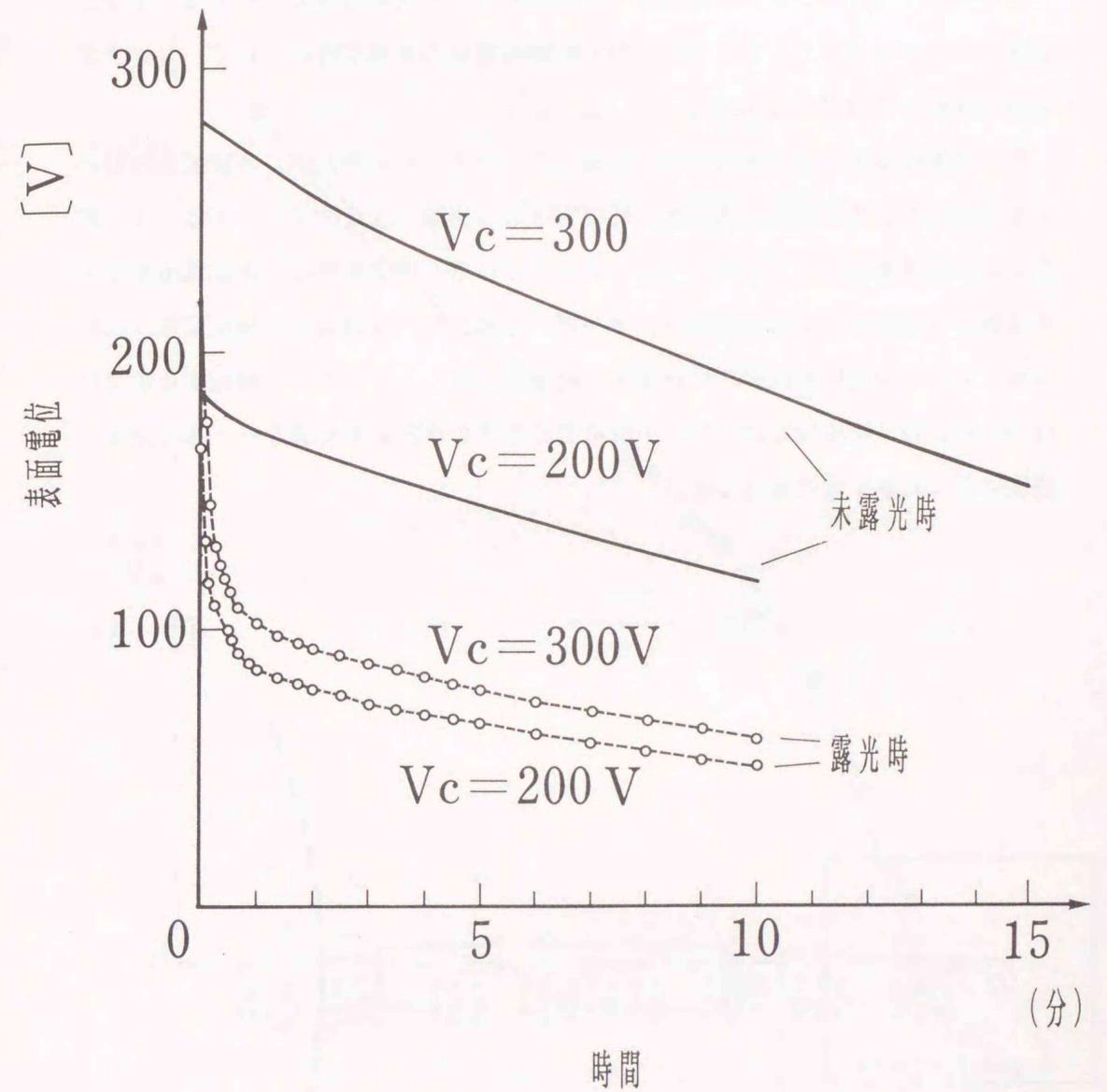


図3-17 除電有無による電位減衰の変化

3. 4 粒子摩擦荷電法とコロナ荷電法のスペクトルによる光導電特性

アモルファスセレンに対するコロナ荷電法を用いた光導電性については、すでに検討されている⁽³⁻²⁴⁾。ここでは、粒子摩擦荷電法の光導電性について、コロナ荷電法と比較して検討した。

粒子摩擦荷電とコロナ荷電を行った場合について、a-Se感光体に各種波長について照射したときの感度を求めた。感度を求める実験方法を図3-18に示す。照射した波長領域は、375 nm～550 nmである。荷電条件は、表面電位を0 Vの状態からそれぞれの荷電を行う。その後、光照射し、表面電位を測定する。これらは、ドラム表面に電位のない状態から荷電を開始し、ドラムが一回転するまでに行われる。粒子摩擦荷電法とコロナ荷電法の感度の測定結果を図3-19に示す。感度は以下に示す式で算出した。

$$\text{感度} = \frac{\Delta V}{I} \quad (3-4)$$

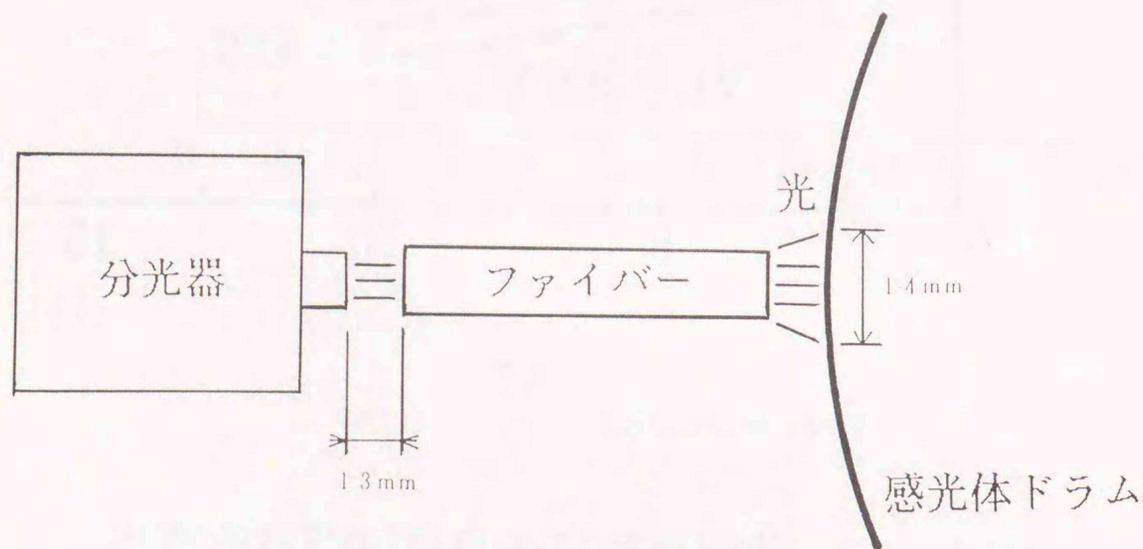


図3-18 感度スペクトル測定の実験方法

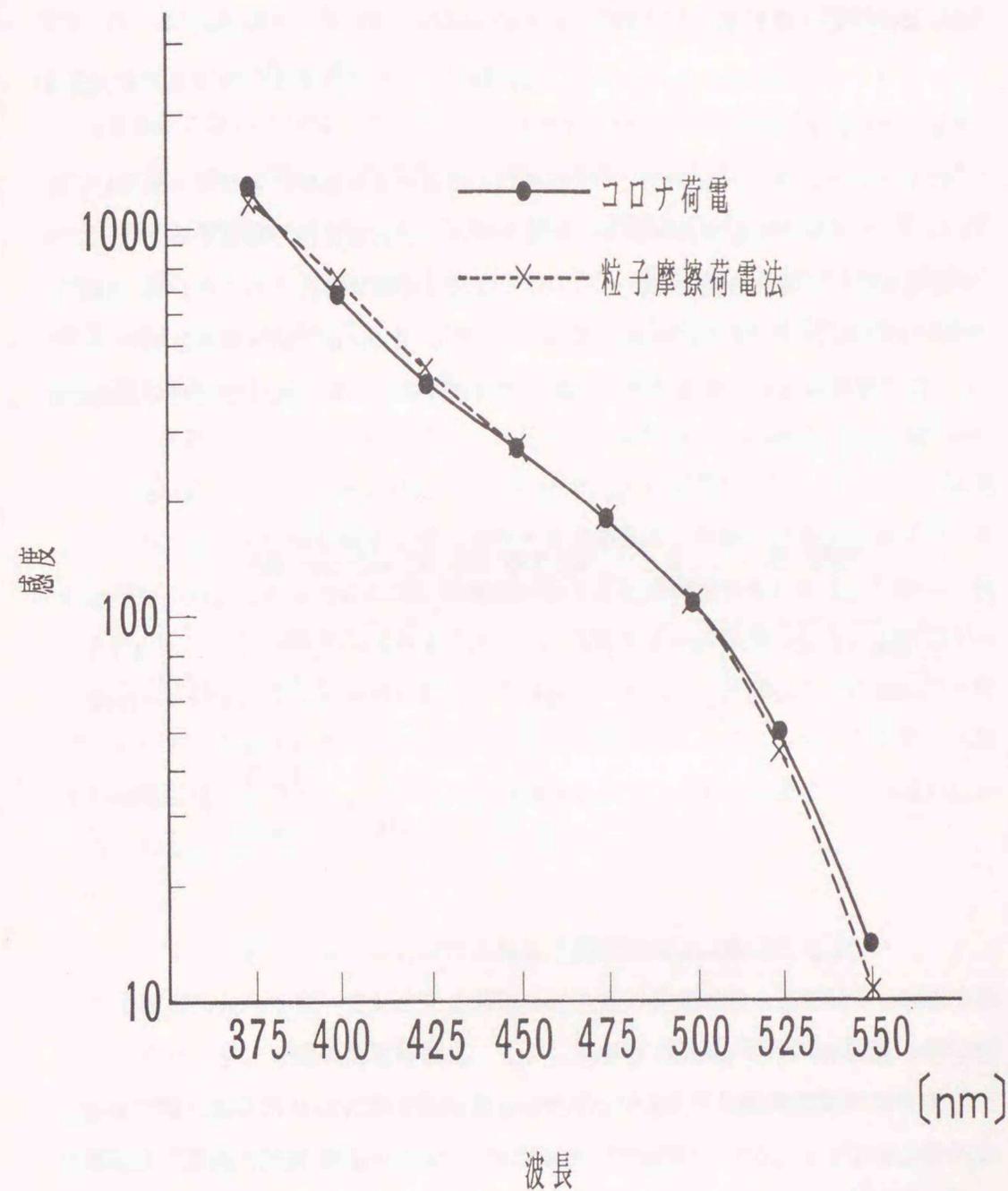


図3-19 感度スペクトル

ΔV は表面電位降下量、 I は光量 ($\mu J/cm^2$) である。照射時間は、0.28 sec (ドラム周速5 cm/sec、照射幅14 mm) である。各波長での光量を表3-1に示す。

図3-19から分かるように、それぞれの荷電による感度の差は見られない。アモルファスセレンは短波長領域の入射光をほとんど表面近傍で吸収すること、コロナ荷電を行った場合の表面電位として働く電荷は表面に存在することから(波長400nmのとき厚さ0.1 μm 、波長550nmのとき厚さ0.5 μm で99%吸収される⁽³⁻²⁴⁾)、粒子摩擦荷電の表面電位として働く電荷はコロナ荷電の場合と同様に表面近傍に存在することが分かる。

表3-1 各波長での光量

波長 (nm)	350	375	400	425	450	475
光量 ($\mu W/cm^2$)	$.32 \times 10^{-1}$	$.11 \times 10^0$	$.31 \times 10^0$	$.59 \times 10^0$	$.98 \times 10^0$	$.14 \times 10^1$
	500	525	550			
	$.20 \times 10^1$	$.27 \times 10^1$	$.34 \times 10^1$			

3.5. 絶縁体における帯電

これまで無機感光体(アモルファスセレン)を用いたドラムで帯電可能であることを示したが、ここでは、絶縁フィルムに対して粒子摩擦荷電法で荷電した結果について述べる^{(3-5), (3-25)}。絶縁フィルムとしては、ポリエチレンテレフタレート(PET; Polyethylene terephthalate)を用いる。PETは、テレフタル酸とエチレンジグリコールとの重縮合によって得られるポリエステルで、 $10^{15} \Omega cm$ 以上の抵抗率を持つ。

3.5.1 導電性粒子摩擦荷電法を用いた時の絶縁フィルムと光導電体との粒子の挙動の比較

光導電体を用いて荷電した場合(3-2節)、荷電前は光導電体上に表面電荷が存在しないため、帯電した磁性粒子が感光体表面に接触したとき、対向電極とのクーロン力で磁性粒子が付着する。付着と同時に電荷を注入するので粒子の電位と接触点の電位が同じになり電気的付着力がなくなり、粒子層の他の磁性粒子の衝突で容易に離れることができる。そのため、磁性粒子は荷電後の光導電体表面に付着せず、電子写真記録としての記録品質に影響を与えない。

一方、絶縁フィルムを用いた場合、PET表面に付着すると接触点から電荷をPETに受け渡すが、電荷注入は行われないので十分に帯電しない。そのため、磁気ブラシのスリーブの回転数を上げてカキトリ力を強め、付着した粒子を強制的に取る必要がある。このようにして、接触点を多くして表面電位を上げる。しかし、磁気ブラシとPETと離れる寸前ではカキトリ力がどうしても弱くなり、磁性粒子がPET上に付着して記録品質に悪影響を与える。従って、荷電器のすぐ後にゴム性のブレードをPETに密着させ、粒子を完全に取り除くようにした。取り除いた粒子は荷電器に回収される。ブレードを絶縁性にして、感光体表面の電荷が流れないようにした。

3.5.2 PETフィルムにおける荷電時間による表面電位と電流

粒子摩擦荷電法を用いてPETを荷電したときの荷電時間と表面電位の関係を図3-20に示す。一回の荷電時間は、0.2秒単位である。荷電時間0.4秒で荷電バイアス600Vとほぼ同じ表面電位を得ることができた。荷電時間0.2秒でもほぼ90%程度の表面電位を得て、実用面で充分使用できる。また、100Vの低い荷電電圧でも帯電していることから、放電による荷電ではなく接触摩擦による荷電であることが分かる。アモルファスセレンの荷電の場合と比較すると、PETの方が10%程度表面電位が高い。

図3-21は、図3-20の実験に関してブラシに流れた電流値を示したグラフ

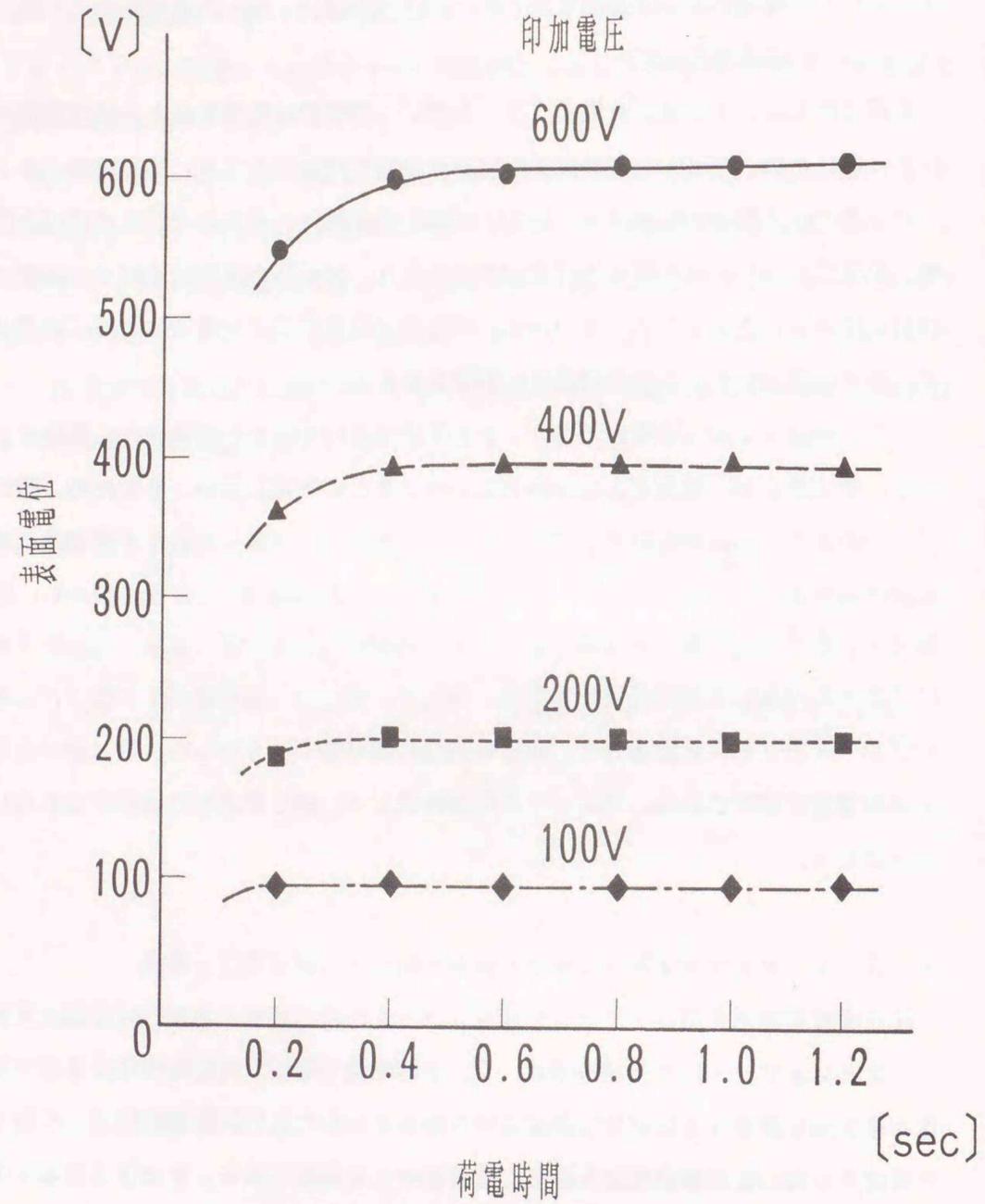


図3-20 PETを用いた時の荷電時間と表面電位

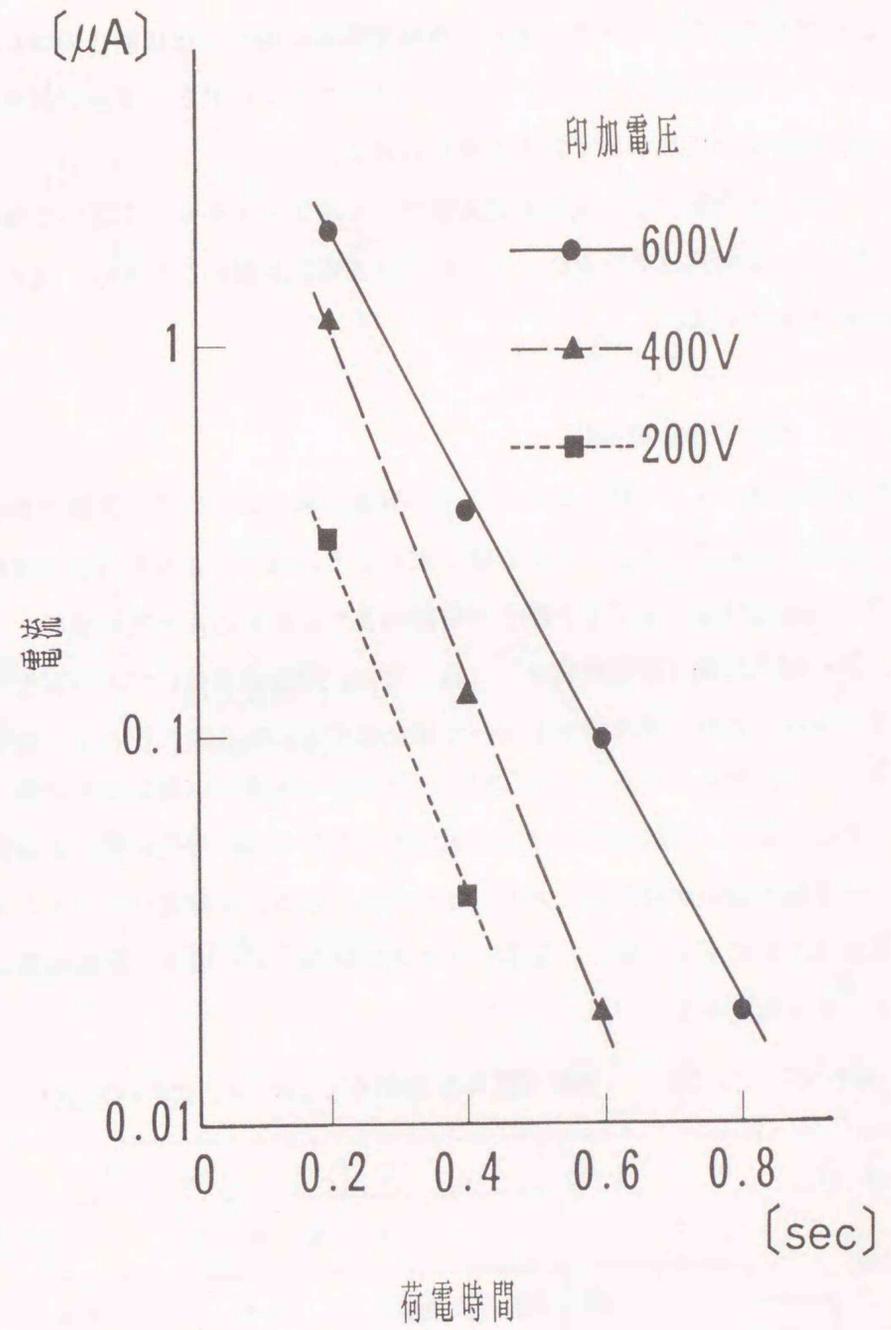


図3-21 PETを用いた時の荷電時間と電流

である。いずれの荷電バイアスにおいても荷電時間に対してほぼ傾きの等しい直線(セミログ)を得る結果となった。このことは、ブラシのPET表面に対する接触性が一定の確率でおこなわれていると考えられる。

PETを用いた荷電では、流れる電流値はアモルファスセレンを用いた場合より2桁小さいが、表面電位では逆に10%程度表面電位が高いことから、ほとんど電荷注入が行われていない。

3.5.3 PETの荷電効率

粒子摩擦荷電法によって得られたPETの荷電効率 η についての実験結果を図3-22に示す。荷電効率 η は、3.2.2節で求めたと同様に、表面電位から求めた単位面積当りの電荷量 Q_1 とブラシ層を単位面積当りに流れ込んだ電荷量 Q_2 との比である。第一回の荷電(荷電時間0.2秒)では、荷電効率がいずれの荷電バイアスでも90%以上あり、光導電体を用いた場合の荷電効率5%と比べると荷電機構が異なることが分かる。さらに、第二回、三回以降の荷電では荷電効率が低下している。これは、第二、三回の荷電では、電位差が小さくなり帯電に要する電荷量が少なく、一方漏れ電流が相対的に大きくなるからである。各荷電バイアスにおける電位差を表3-2に示す。但し、荷電バイアスを印加しない場合、摩擦荷電による電位が4~6V程度ある。

表3-2 荷電時間による電位差

荷電バイアス	荷電時間		
	0.2秒	0.4秒	0.6秒
600V	550V	50V	5V
400V	363V	34V	3V
200V	188V	16V	-

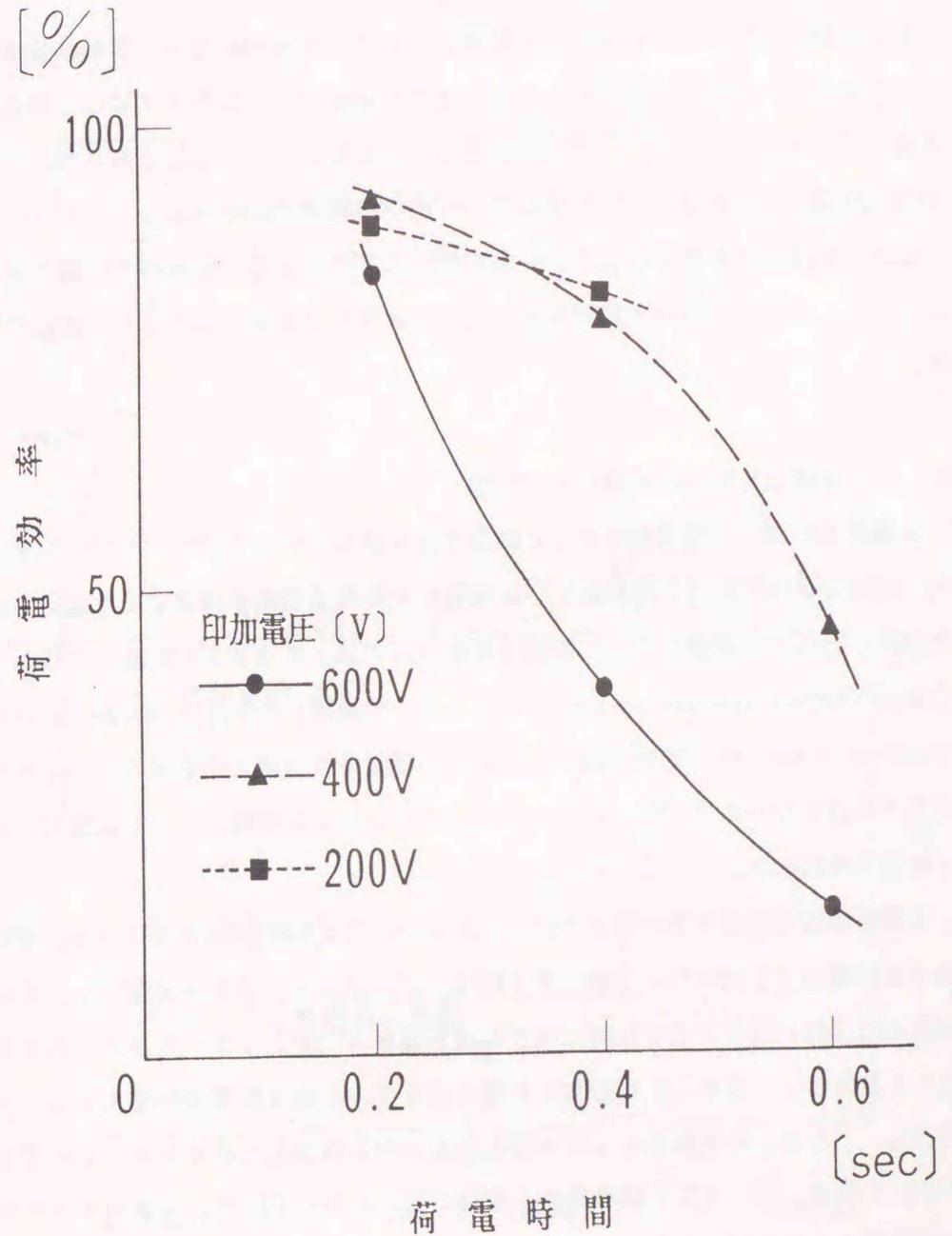


図3-22 PETの荷電効率

3. 5. 4 粒子摩擦荷電法による荷電および除電

粒子摩擦荷電法による荷電および除電について、連続的に行った実験結果を図3-23に示す。荷電を1秒間行い、その直後に荷電バイアスを0Vにして除電する。荷電バイアス100Vでは、荷電・除電にかかる時間は0.2秒であった。ここでの荷電時間0.2秒は、本実験装置で行う最小の荷電時間である。

従来、絶縁体を除電する場合、その電位を0Vにすることが極めて困難であったことから、本実験における除電後の電位がほぼ0Vであることは注目される結果である。

3. 6 有機感光体への電荷注入の検討

有機感光体は、最近感光体としての重要性を増している⁽³⁻²⁶⁾、⁽³⁻²⁶⁾。また、有機感光体は材料の自由度が多く、本技術による荷電現象を研究するうえでも適した材料である。本実験で用いた有機感光体としては、キャリア発生層(CGL; Charge Carrier Generation Layer)とキャリア移動層(CTL; Charge Carrier Transport Layer)の2層型(図3-24)の機能分離型感光体を用い、キャリア注入性の検討を行った⁽³⁻²⁸⁾。CGLにはフタロシアニン顔料、CTLにはピラゾリン誘電体を用いた。

実験構成は無機感光体の場合と同じであるが、感光体を回転させないで、導電性粒子との接触性を調べた。実験結果を図3-25に示す。感光体表面に正の電圧を印加した場合、数十Vまではほとんど電流が流れないが、70~80Vから急激に立ち上がる。負の電圧を印加した場合は0Vから徐々に電流が増大することが分かる。これは、感光体のキャリア移動層がホール移動型であるため、正の電圧を印加した場合、数十Vまでは表面から電荷が注入されにくい。70~80Vからは接触点における電界集中のため電荷が急激に生じるためと考えられる。また、感光体表面に負の電圧を加えた場合は、キャリア発生層からホールが注入されることによると考えられる。また、スリーブを回転させると、流れる電流量が増加しているが、これは摩擦により電荷注入が促進されることによるといえる。

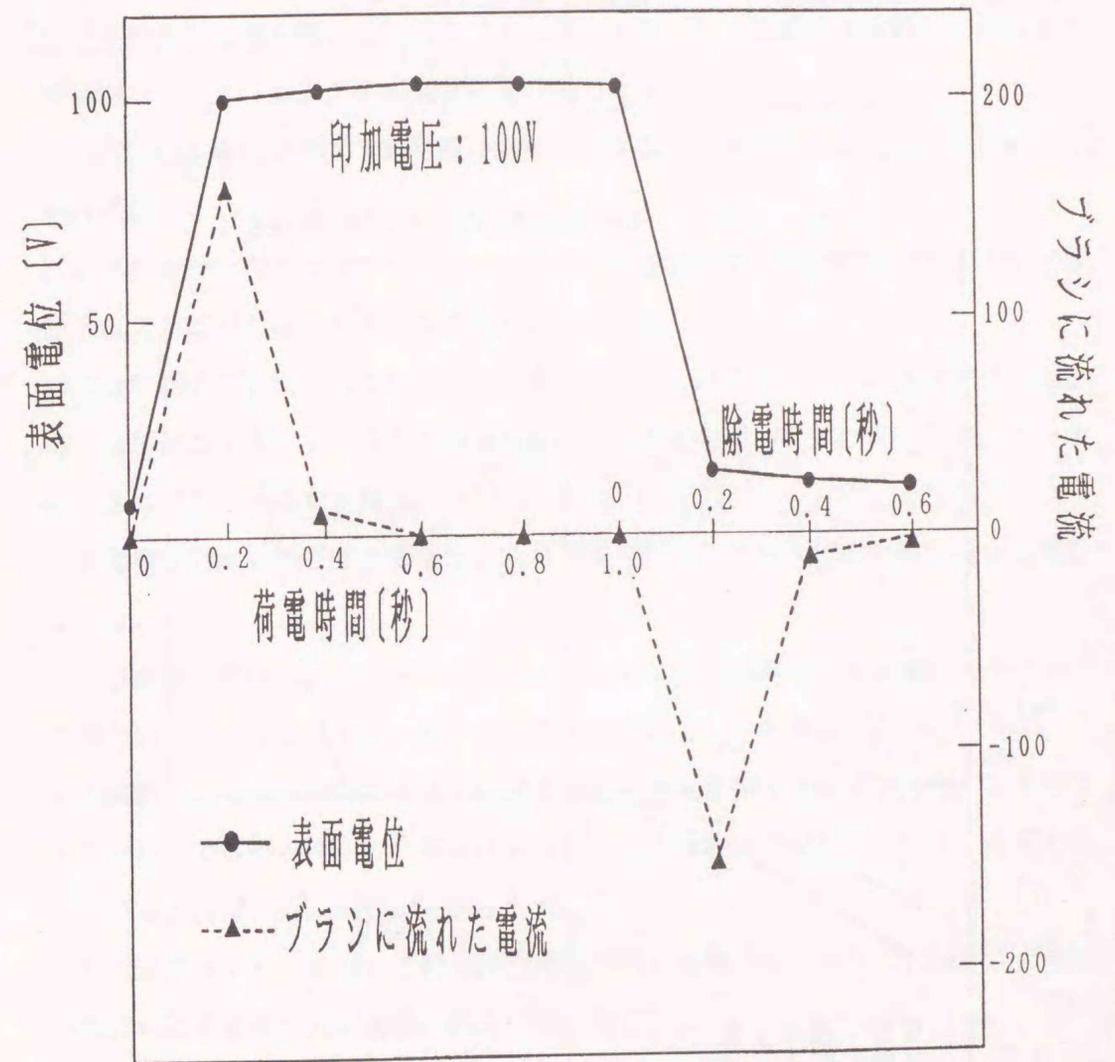


図3-23 PETの荷電および除電

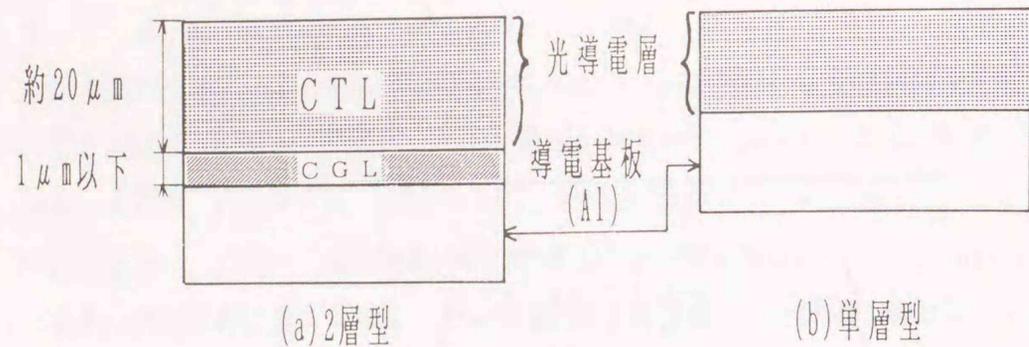


図3-24 有機感光体の構成

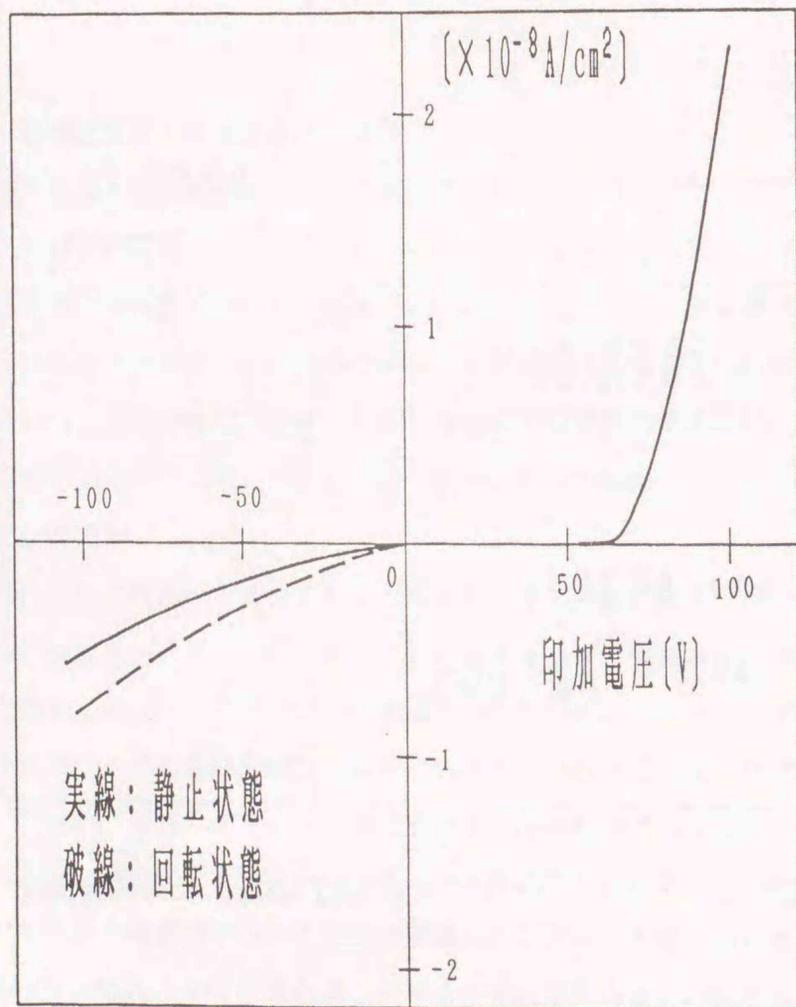


図3-25 粒子摩擦荷電と有機感光体との電氣的接触

3.7 まとめ

本章では、粒子摩擦帯電法を提案し、その粒子摩擦帯電法の原理を述べ、アモルファスセレンおよび絶縁フィルムを用いて荷電実験を行い、以下の結果を得た。

(1) 粒子摩擦荷電法を用いた荷電で、アモルファスセレンに対して荷電電圧300Vまでの範囲ではほぼ80%以上の表面電位を得ることができた。

(2) 本荷電法の荷電効率が5%程度であり、感光体内部へ激しく電荷注入が行われながら帯電することが分かった。

(3) 粒子抵抗が、 $10^3 \Omega \text{cm} \sim 10^{10} \Omega \text{cm}$ の範囲ではほぼ同一の表面電位を得ることができ、粒子抵抗が高くなるにつれて荷電効率が上がる。

(4) 荷電時間の増加にともない表面電位減衰が小さくなることから、表面電位となっている電荷のトラップの深さが荷電時間によって変化することが考えられ、コロナ荷電とは異なった結果を得た。

(6) 光導電特性から粒子摩擦荷電法による帯電電荷は、表面近傍に存在することが分かった。

(7) 粒子摩擦荷電法で、アモルファスセレンに対して表面電位となる電荷のトラップの深さは、 $0.820 \text{ eV} \sim 0.924 \text{ eV}$ であることを推定した。

(8) 絶縁性フィルムに対しての粒子摩擦荷電で、荷電効率が90%以上あり、アモルファスセレンの場合と異なり、電荷注入はほとんど行われていない。一方、荷電と同様に除電も同様に行えることを確認した。

(9) 有機感光体ドラムを用いて粒子摩擦荷電を行った場合に、スリーブ回転にともない摩擦による電荷注入が促進されることを確認した。

第4章 光誘起型電子写真記録方式と 基礎的考察

電子写真記録方式は、(1) 高速記録が可能なこと、(2) 高解像の記録が可能なこと、(3) 普通紙が使用できること、(4) ランニングコストが安いこと等の優れた特長から、複写機分野で広く用いられている。この数年来、その特長を生かした卓上型電子写真プリンタ需要が急速に伸びてきており、プリンタに止まらずファクシミリにも適用されつつある。

従来の電子写真記録では、コロナ放電による感光体の帯電、光像露光による潜像形成、トナー（黒色の顔料）を用いて潜像の可視化を行う現像、トナー像を記録紙に移す転写そして感光体上に付着したトナーを除去するクリーニング等の複雑な記録プロセスが必要である。そのプロセスにおいて、コロナ放電ではオゾンの発生・数千Vの高圧電源の必要性、クリーニングではトナーの貯蔵および定期的な回収等の問題がある。さらに、感光体ドラム回りに多くの記録のためのプロセス（第2章図2-1参照）を必要とするため、小形化を実現するために必要な感光体ドラム径の細径化が困難であった。本章では、上記のような電子写真記録の問題を解決するために、コロナ荷電を用いずに露光と現像を同時に行う光誘起型電子写真記録方式を提案し、この記録方式の基礎的な考察を行う。

4.1 光誘起型電子写真記録

ここでは、導電性磁性トナーを用いることを特徴とし、現像と転写の2つのプロセスから構成される光誘起型電子写真記録を提案し、その原理および記録特性について検討をした(4-1)、(4-2)、(4-3)。光誘起型電子写真記録は、3章で提案した粒子摩擦荷電法を応用したものである。

4.1.1 光誘起型電子写真記録の構成

光誘起型電子写真記録法の構成を図4-1に示す。透明支持体上に透明電極およ

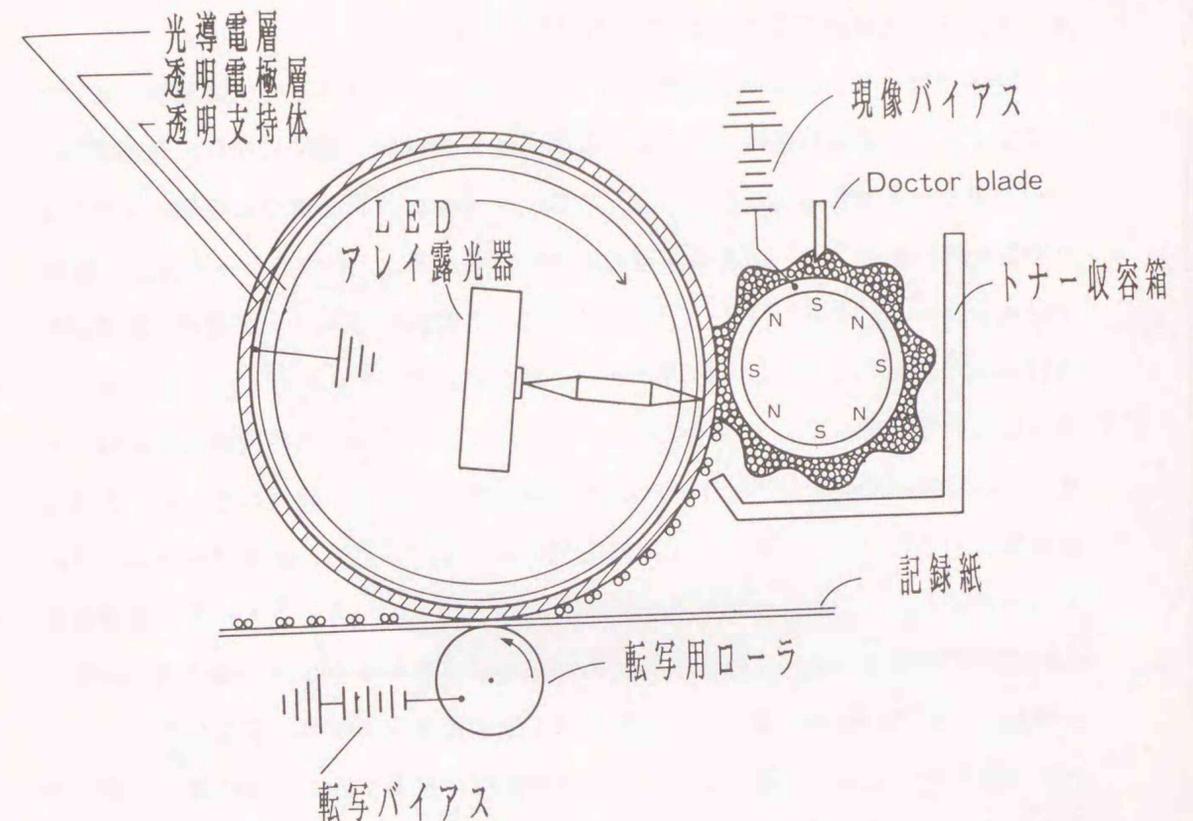


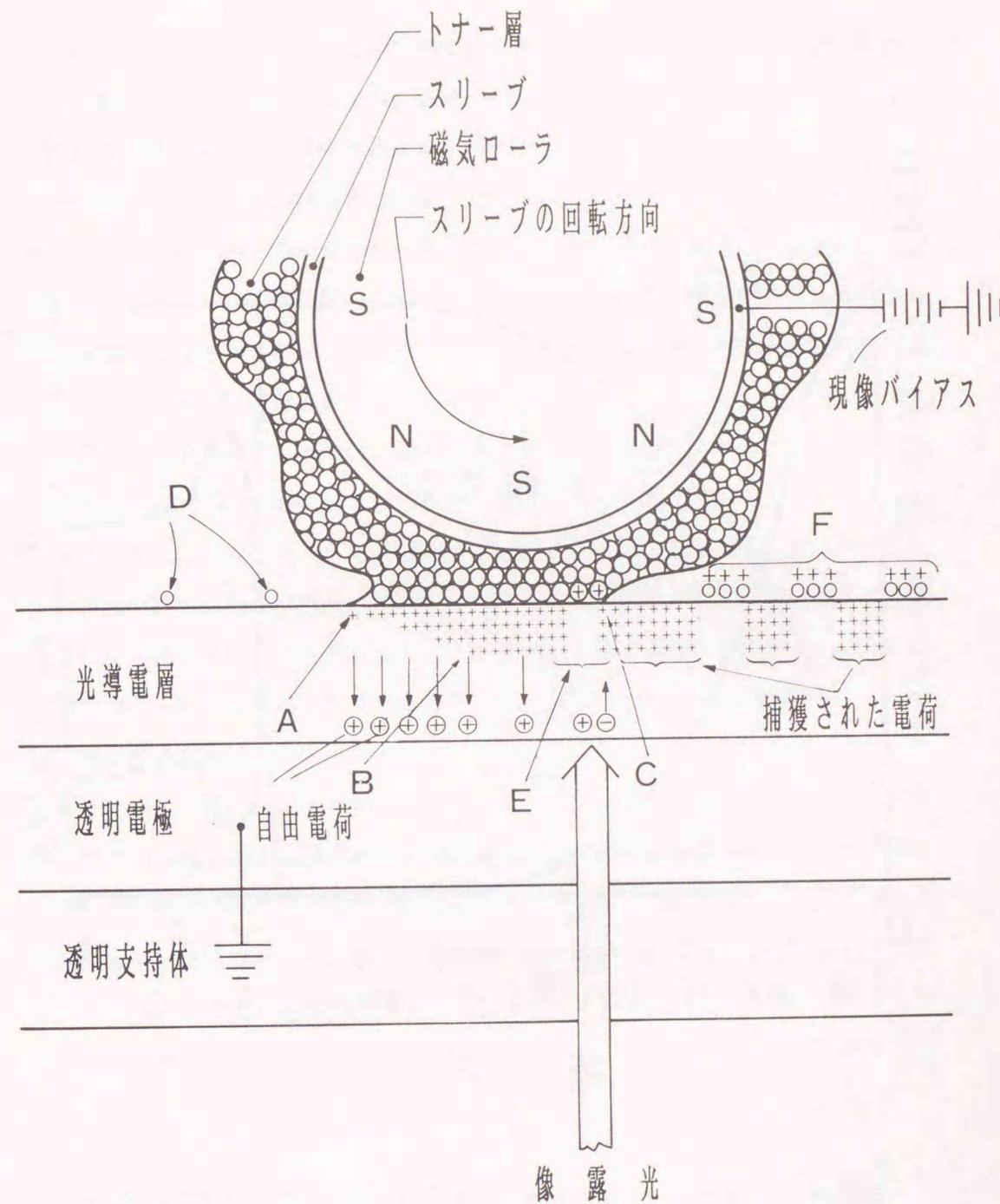
図4-1 光誘起型電子写真記録の構成

び光導電層を形成した感光体に導電性のトナー層を接触させる。現像器は、磁気ローラと非磁性導電性スリーブから構成されていて、スリーブ回転でトナーを搬送する。スリーブと感光体との間には現像バイアスを印加する。像露光は、支持体側から行う。光源は感光体ドラム内に挿入出来るLEDアレイ露光器を用いた。転写部は、記録部でコロナ放電を用いない特長を生かすために、ローラ転写法を用いた。図2-1に示す従来法と比較すると、本方法は現像部と転写部しかなく非常に単純な構成であることが分かる。

4. 1. 2 光誘起型電子写真記録の原理

光誘起型電子写真記録の原理を図4-2に示す。導電性スリーブに現像バイアス
を印加すると、導電性磁性トナーから成るトナー層は同一電位になる。光導電層と
トナー層とが接触し始める所（A点）では、光導電層の表面電位は現像バイアスよ
りかなり低いのでトナーが光導電層の表面に付着する。そのトナーを通じて電荷
が注入されるとともに、スリーブの回転によって連続的にトナーが搬送されて前記
の付着したトナーと衝突し、付着トナーが離れる。そして、別のトナーが付着して
さらに電荷注入を行い、この繰り返しでB点において光導電層の表面電位が印加バ
イアスとほぼ同電位になる。トナー層と光導電層とが離れる時（C点）は、光導電
の表面はすでに現像バイアスとほぼ同電位になっているため、磁極ローラによる磁
気力の方が大きく、トナーは現像器側に引っ張られる。一方、トナー層と光導電層
とが離れる寸前（E点）で露光すると、光励起による+キャリアが光導電層の表面
に移動し、帯電電荷と中和する。中和により表面電位が下がり、帯電しているトナ
ーがその下がった電位を補うかのように光導電層に付着する。この位置で付着した
トナーは、すぐ現像器から離れるのでトナーを通じて荷電する時間がなく電気力
の方が強いままなので、トナーの可視像（図中F）を得ることができる。また、転写
後の残留トナー（図中D）は、トナー層に接触するとそのトナーを通じて荷電が始
まり電気力が弱まるので、容易にトナー層へ回収される。トナー層の接触幅は僅か
1 cm（接触時間 0.2秒）であり、その接触している間に帯電・露光・現像・クリー
ニングのプロセスを行っている。

上記の原理に基づいたトナーに働く磁気力・電気力・表面電位の関係の概念を図
4-3に示す。横軸は、トナー層の光導電層と接触距離を示す。曲線(a)は、表面電
位を表わしており、接触点Aから表面電位は増加する。B点を過ぎた場所ではほぼ飽
和する。露光点E点では急激に電位が下がり（露光時は(a)'の曲線で表す）、トナ
ー層と光導電層とが離れるC点まで僅かに電位が増加する。曲線(b)は、トナーに働
く電気力を示している。接触点Aでは、光導電層の表面電位が低いので、電気力の
最大値を示す。基本的には、電気力と表面電位は反比例する。曲線(c)は、トナーに



LEDアレイ露光器

図4-2 光誘起型電子写真記録の原理図

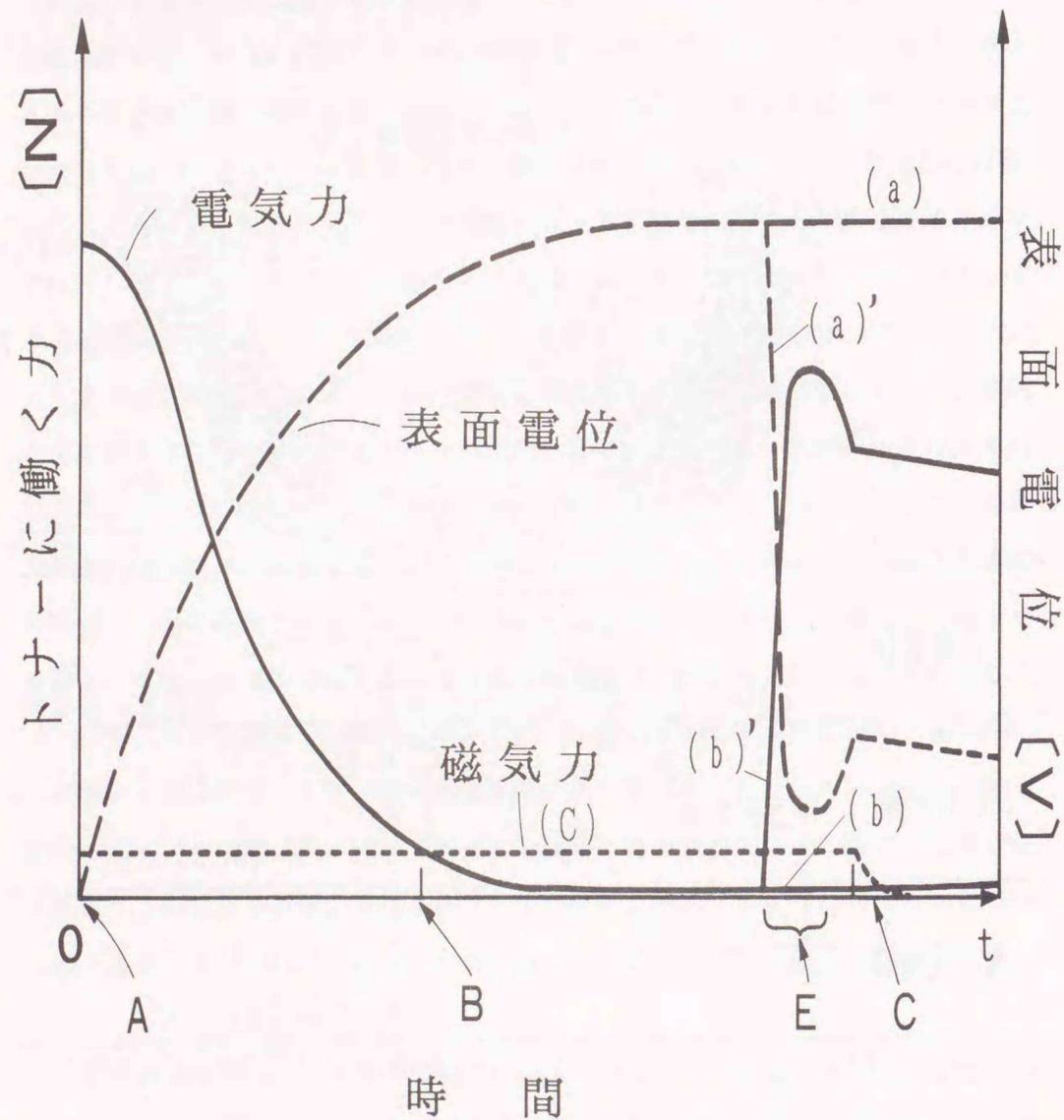


図4-3 トナーに働く磁気力・電気力・表面電位の関係

働く磁気力を表わしている。磁気力の大きさは、磁気ローラの磁極の位置で最大になり磁極間で最小になる。しかし、磁気力がトナーの現像に関する領域は、露光点Eから感光体とトナー層が離れるC点の僅かな領域（1～2mmの幅）である。この範囲内では、磁気力の強さの変化がほとんどないため、一定とした。但し、説明の便宜上、点Aから点Cまでを一定とした。A点とB点の間では、電気力の方が大きいのでトナーは光導電層に付着し、B点とE点の間では磁気力の方が大きいので光導電層には付着しない。露光点Eでは、光照射領域で電気力が大きくなり（露光時は(b)'で表す）現像されることになる。

上記の原理を確認するために、適正条件において（現像バイアス=300V、 $v_1=20\text{cm/sec}$ 、 $v_2=2.5\text{cm/sec}$ ）、現像状態を調べた写真を図4-4に示す。図4-4中の英文字A～Fは、図4-2と図4-3の英文字と対応が取れている。この写真は、現像中に現像器をはずし、そのときの感光体上に記録された印字例を示す。領域Dは転写後の残留トナーを示すが、この写真の実験では転写を行わなかったため、現像されたトナー像がそのまま示されている。領域A～Bでは、感光体とトナー層が接触し始めた所で、トナーが感光体に付着したり離れたりして帯電している状態であり、前の画像を消去する働きをしている。領域B～Eでは、感光体が十分に帯電しているため、トナーは感光体に付着しない。E点は、露光されている位置を示していて、露光された所にトナーが付着する。そして、その直後にトナー層と感光体が離れている。領域Fは、新しく書かれた文字を示す。このように、領域A～Cのわずか1cmのトナー層接触領域でクリーニング・帯電・露光・現像が行われていることが分かる。

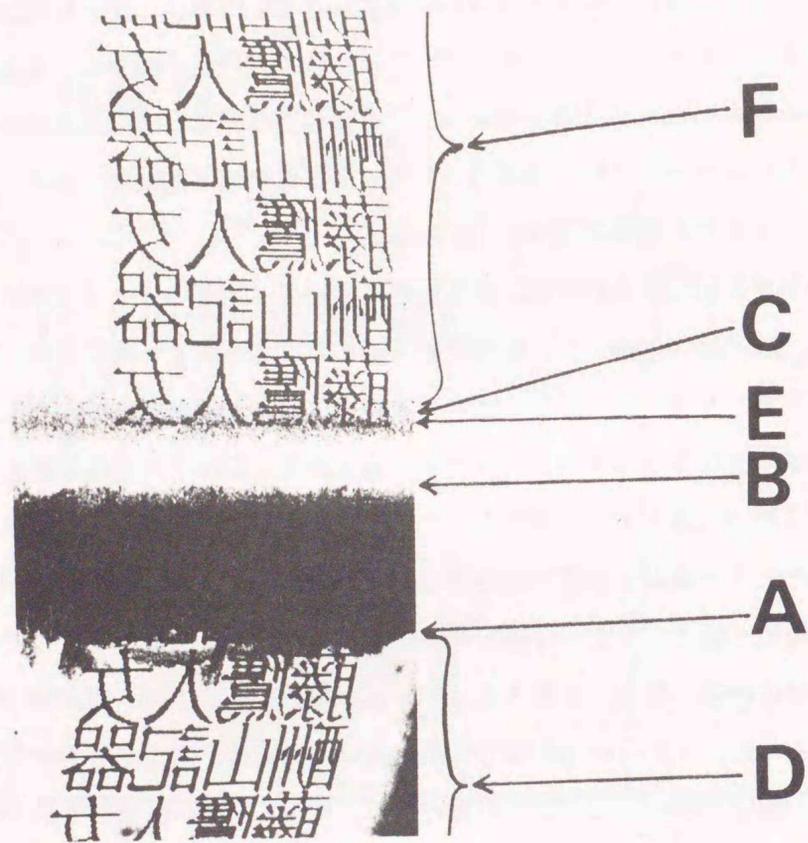


図4-4 感光体上のトナー付着状態

4.2 現像中に働く力の分類

現像中にトナーに働く力として、磁気力、電気力、遠心力、かきとり力、および重力が考えられる。それらの現像中に働く力の大きさを求め、光誘起型電子写真記録の現像に働く要因を考察する。

4.2.1 トナーに働く磁気力

球形粒子に働く磁気力についての研究が幾つか報告されている。G.Harpavatは、球形の鉄粉を用いて、数個の鉄粉から成るチェーンに対して磁気力がどのように働くかを考察している⁽⁴⁻⁴⁾。無限に長い棒状磁石を用いて、複数個の鉄粉からなるチェーンの最後の鉄粉を引っ張った場合、チェーンのある長さ以上になると最後の鉄粉だけがとれ、それ以下ではチェーン全体がとれるという報告である。ここで扱った鉄粉は、現像で使うトナー(10数 μm)比べて250 μm と大きく、扱った鉄粉の数は数個にとどまっているので、実際の現像器で扱われるトナーのチェーンとはかなり異なったものである。また、実際の現像で用いている1成分トナーについて、そのトナーに働く力を考察した報告がある⁽⁴⁻⁵⁾。この中で、トナーのつながるチェーンは1本とし、トナーの大きさおよび誘電率、チェーンおよび棒磁石の長さ等をパラメータにして、トナーに働く磁気力を計算している。扱うトナー数としては、6個以上から数10個の範囲を対象としている。これらのパラメータを用いた計算結果は、本研究で用いる現像器中のトナーに働く磁気力に近いと考えられる。磁気力の計算式として、チェーンの1番最後のトナーについて働く磁気力の近似式をJ.AIwardが提案している。

$$F_m = \frac{3 \pi a^2 s^4 (\mu - 1)^2 B_0^2}{2 \mu_0 (\mu + 2)^2 [\{ s + (2N - 1) a \}^2 + s^2]^2} \quad (4-1)$$

ここで、 F_m はN個のトナーからなるチェーンのN番目のトナーに働く磁気力、 a はトナーの平均直径、 μ は比透磁率、 B_0 は棒磁石の磁束、 μ_0 は真空の透磁率、 s は棒磁石の端辺を示す。これらのパラメータを光誘起型電子写真記録のトナーに

適用し、チェーンの終端にあるトナーの磁気力を求めた。

$$N = 42, \quad a = 16.6 \mu\text{m}, \quad \mu = 1.42,$$

$$\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6}, \quad s = 8\text{mm}, \quad B_0 = 550 \text{ガウス} = 0.055 \text{wb/m}^2$$

よって

$$F_m = 9.41 \times 10^{-9} \text{ [N]}$$

図4-5に、粒子数 N 、トナー直径 a を変えたときの磁気力を求めた。現像ギャップ g とトナーの粒径 a を決めれば、その2つの直線の交点が求める磁気力を示す。現像ギャップ g は、 $g = N \times a$ で定義される。

(1) 現像器で扱う現像ギャップは、 $0.3\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$ 程度ある。その範囲内で、トナーの粒径が同じであれば、現像ギャップの違いによる磁気力の影響は小さいことが分かる。言い換えれば、磁気力に対して現像ギャップの許容度が大きい。

(2) 同一の現像ギャップを用いてトナーの粒径を変化させたとき、粒径を3倍大きくすると、磁気力は約1桁大きくなる。トナーの粒径の違いが現像に大きく影響するということが推測される。

4. 2. 2 トナーに働く電気力

この節では、導電性粒子に働く電気力を求める。まず、導電性粒子を完全導体球とみなす。導体球が接地された無限導体板より b なる距離にあるときの導体球に働く電気力を求めた(図4-6に概略図を示す)。解を求める手段として、映像法を用いた。導体球の持つ電荷量を Q としたとき、以下のように求められる(付録に求め方を記載した)。

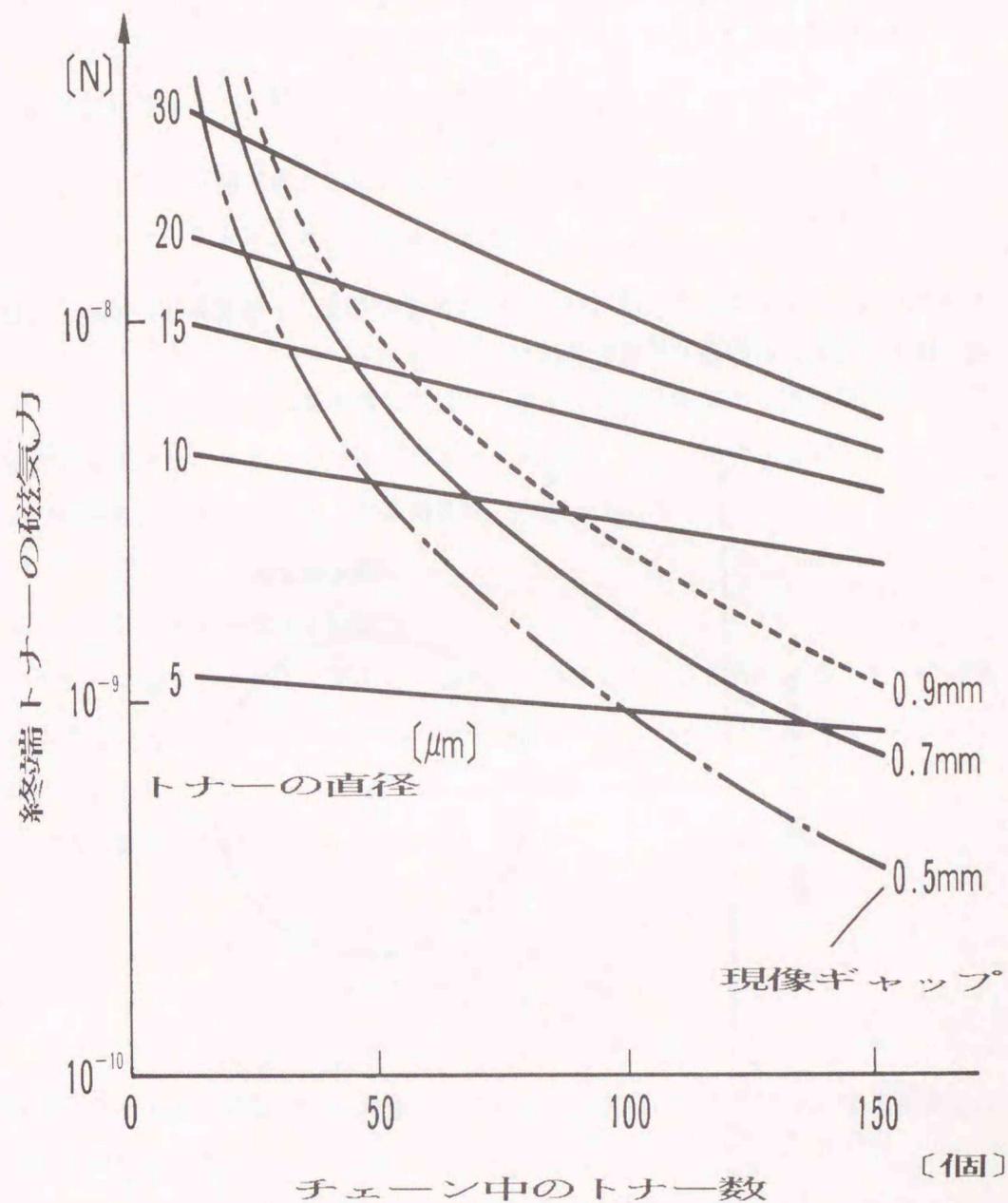


図4-5 粒子数・トナー直径の変化による磁気力の変化

$$Q = 4 \pi \epsilon \epsilon_0 r V \left[1 + k + \frac{k^2}{1 - k^2} + \frac{k^3}{1 - 2k^2} + \frac{k^4}{1 - 3k^2 + k^4} + \frac{k^5}{1 - 4k^2 + 3k^4} + \dots \right] \quad (4-2)$$

但し、

$$k = \frac{r}{2(r+d)}, \quad a = 2r$$

ϵ は比誘電率、 ϵ_0 は真空の誘電率、 V は導体球の電位、 r は導体球の半径、 d は導体球と導体板との距離（光導電層の厚さ）を表わす。

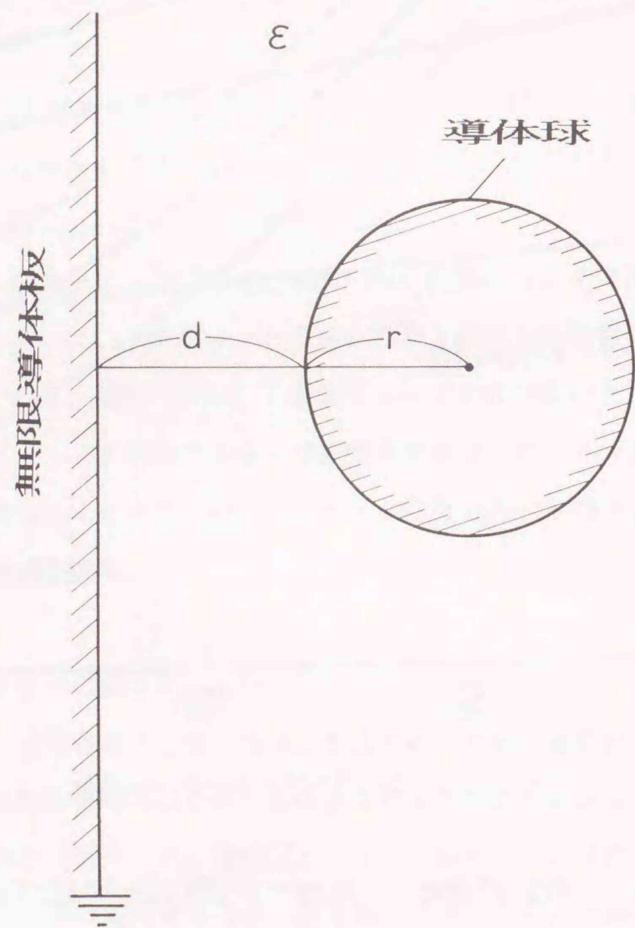


図4-6 導体球に働く電気力を求めるとき
のモデル

次に、導体球に働く電気力 F_e を求める。

$$F_e = QE, \quad \text{但し、} E = \frac{V}{d} \quad (4-3)$$

ここで、 $\epsilon = 6$ （感光体として、Seを使用した場合）、 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ 、 $V = 12 \text{ V}$ 、 $r = 8.3 \mu\text{m}$ 、 $d = 50 \mu\text{m}$ 、とすると、

$$F_e = 1.72 \times 10^{-8} \text{ [N]}$$

ただし、式(4-2)において、 k^4 《1より4項以降を無視して計算した。図4-7に、トナー直径 a 、導体球の電位 V を変えたときの電気力を求めた。図4-7の計算結果から、トナーの電位が15V以上あれば、トナーの大きさが $5 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲で磁気力を上回り、現像可能なことが分かった。

4. 2. 3 トナーに働く他の力

トナーに働く力として、電気力・磁気力以外にスリーブ回転によるトナーの搬送による遠心力 F_c およびトナー間の衝突等によるかきとり力 F_d が考えられる。

(a) 遠心力 F_c

遠心力は以下の式で求められる。

$$F_c = m \times \left[\frac{v}{2\pi f} \right]^2 \times f \quad (4-4)$$

m はトナー1個の質量、 v は周速度、 f はスリーブの中心からトナー層表面までの距離を表している。

ここで、 $m = 5 \times 10^{-11} \text{ Kg}$ 、 $v = 0.05 \text{ m/sec}$ 、 $f = 13.2 \times 10^{-3} \text{ m}$ とすると、

$$F_c = 2.40 \times 10^{-13} \text{ [N]}$$

この値は、磁気力、電気力に比べてかなり小さい値なので、無視して考えてよい。

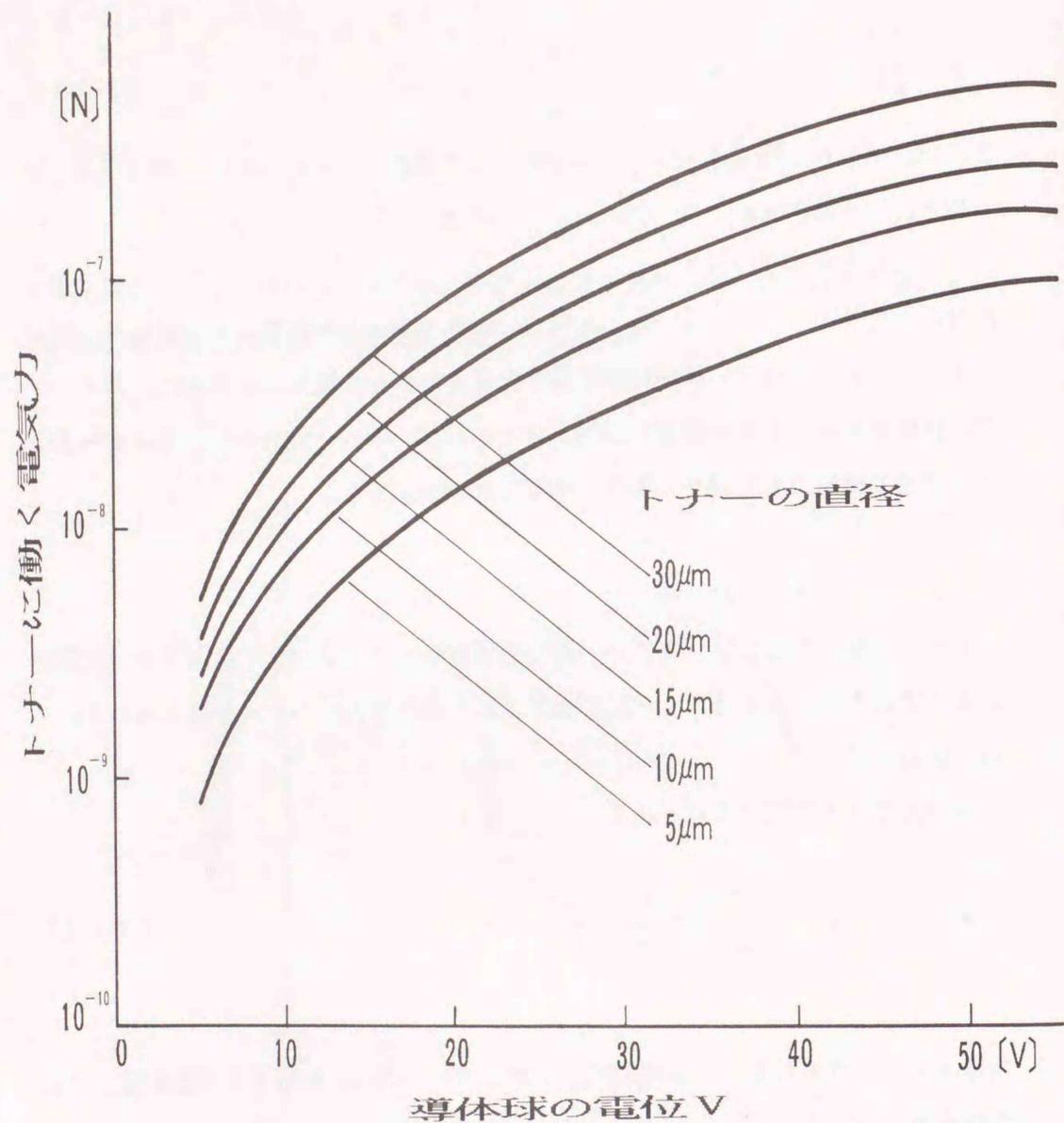


図4-7 トナー直径・導体球の電位を変えたときの電気力

(b) かきとり力 F_d

かきとり力について計算で求めることは難しい。そこで、実験的にその影響を調べてみた。かきとり力は、スリーブ周速に依存することが考えられる。5.3節でその実験を行った。その結果、スリーブ周速を早くしても、記録濃度に変化がみられない。このことは、露光がトナー層がドラムと離れる寸前に行われるため、かきとり力は露光によりドラム付着したトナーに対して、ほとんど影響しないことが分かる。

(c) 重力による力 F_g

トナーに働く重力は、以下の式で示される。

$$F_g = mG = 4.9 \times 10^{-10} \text{ [N]} \quad (4-5)$$

m はトナーの質量、 G は重力を示す。

この値は、磁気力、電気力に比べてかなり小さい値なので、無視して良い。

4.3 実験値と計算値との比較

ここでは、光誘起型電子写真記録法を用いたときの記録特性とトナーに働く力とを比較検討する。図4-8に、光誘起型電子写真記録法を用いたときの現像特性と帯電特性についての実験結果を示す。実験条件は、表4-1に示す。

記録の状態としては、現像バイアスが100 V以上になるとトナーが付着しはじめて、200 Vでほぼ記録濃度が飽和している。300 V以上になると地カブリ(脚注)が生じて、記録品質が劣化した。表面電位について、未露光時の表面電位は連続的に帯電を行い、安定状態で測定している(曲線a)。曲線bは、ドラム内から現像

(脚注) 像露光によりトナーは感光体表面に付着するが、像露光を行わない場合にトナーが感光体表面に付着することを地カブリという。

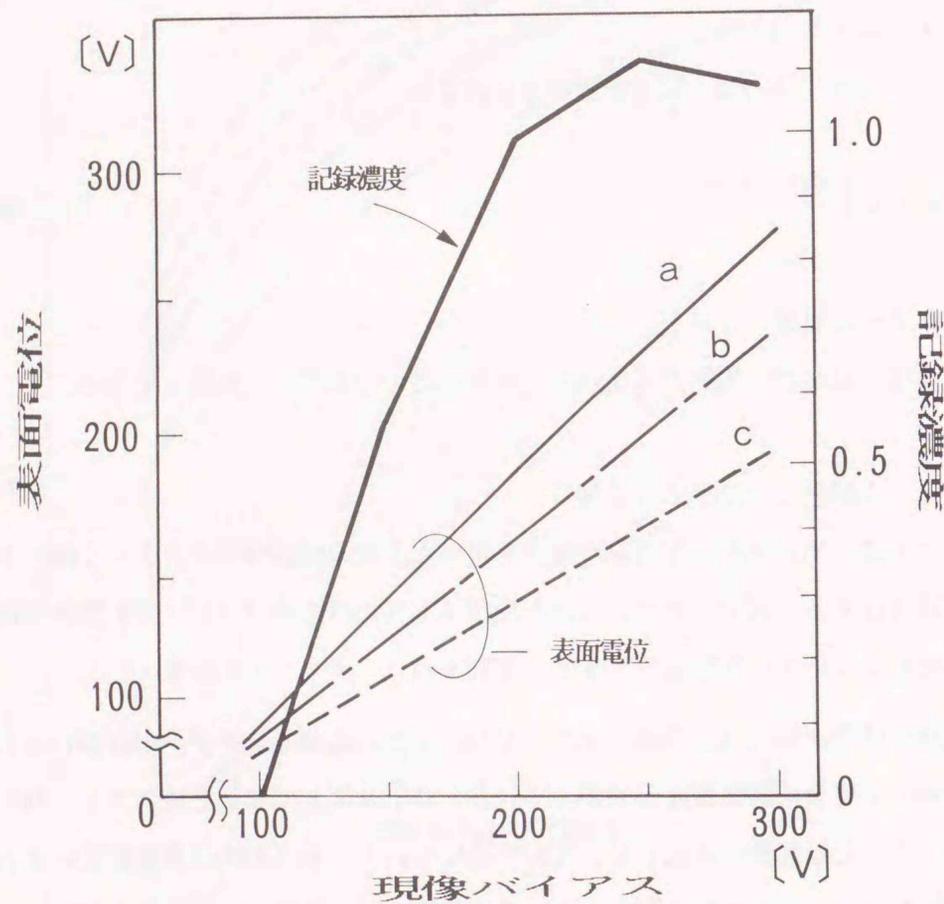
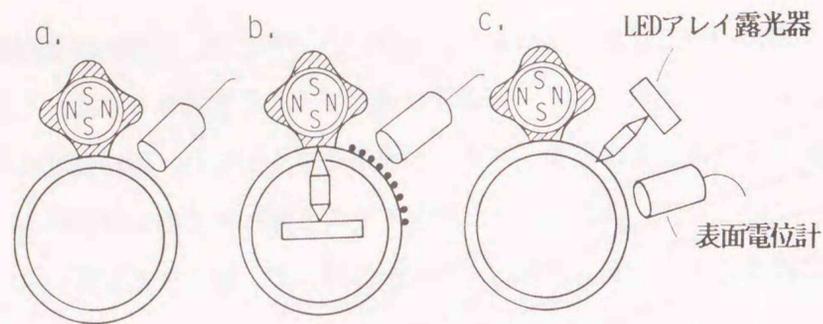


図4-8 現像特性と帯電特性の実験結果

表4-1 実験条件

感光体ドラム	材料	厚さ	ドラム直径	記録速度
円筒ガラス	バイックス	2 mm	8 cm	2.5 cm/sec
透明電極	ITO	300 Å		
光導電層	a-Se	1~50 μm		

注：LEDの発光波長に合うように、重量比でTeを15%含むSe増感層を設けた。膜厚は1 μmである。

	スリーブ直径	スリーブ周速	磁極数	磁気力	長さ	磁極位置
現像機	2.5 cm	40 cm/Sec	8極	500ガウス	5 cm	文献4

	記録密度	発光波長
LED ヘッドアレイ	9.45 dots/m	675 nm

	抵抗率	接触面積	粒径	現像ギャップ
トナー層	$10^3 \Omega \cdot \text{cm}$	5.4 cm ² (ドラム回転方向に1 cm)	10~30 μm (平均粒径15 μm)	0.7 mm

に向けて像露光(全黒)を行い、現像後のドラム表面にトナー像が付着した状態での表面電位を測定したものである。曲線cは、使用した光源だけによる電位減衰を求めるために、現像器から僅かにずれた位置に光照射した後測定したものである。光照射(a)が光照射(b)より表面電位が高いのは、光照射により表面電位が下がり、帯電したトナーがその電位の減少を補うことで付着し、表面電位が増えていると考えられる。言い換えれば、この増加分がトナーの持つ電位と考えられる。

図4-9に、表4-1の実験条件に基づき、トナーの持つ電位を変化させた場合の電気力の計算結果（図中の実線）および磁気力の計算結果（図中の点線）を示す。トナーの電位がこの2直線の交点における電位より大きい場合に、電気力が磁気力を上回り、トナーが感光体に付着する。理論的には、トナーの電位が約9V以上で、トナーが感光体に付着することが分かる。一方、図4-8の実験結果から、感光体にトナーが付着し始める現像バイアスは100Vであり、そのときのトナーの持つ電位は約12Vになる。電位でみると理論値と実験値の差は約3Vで、電気力でみる

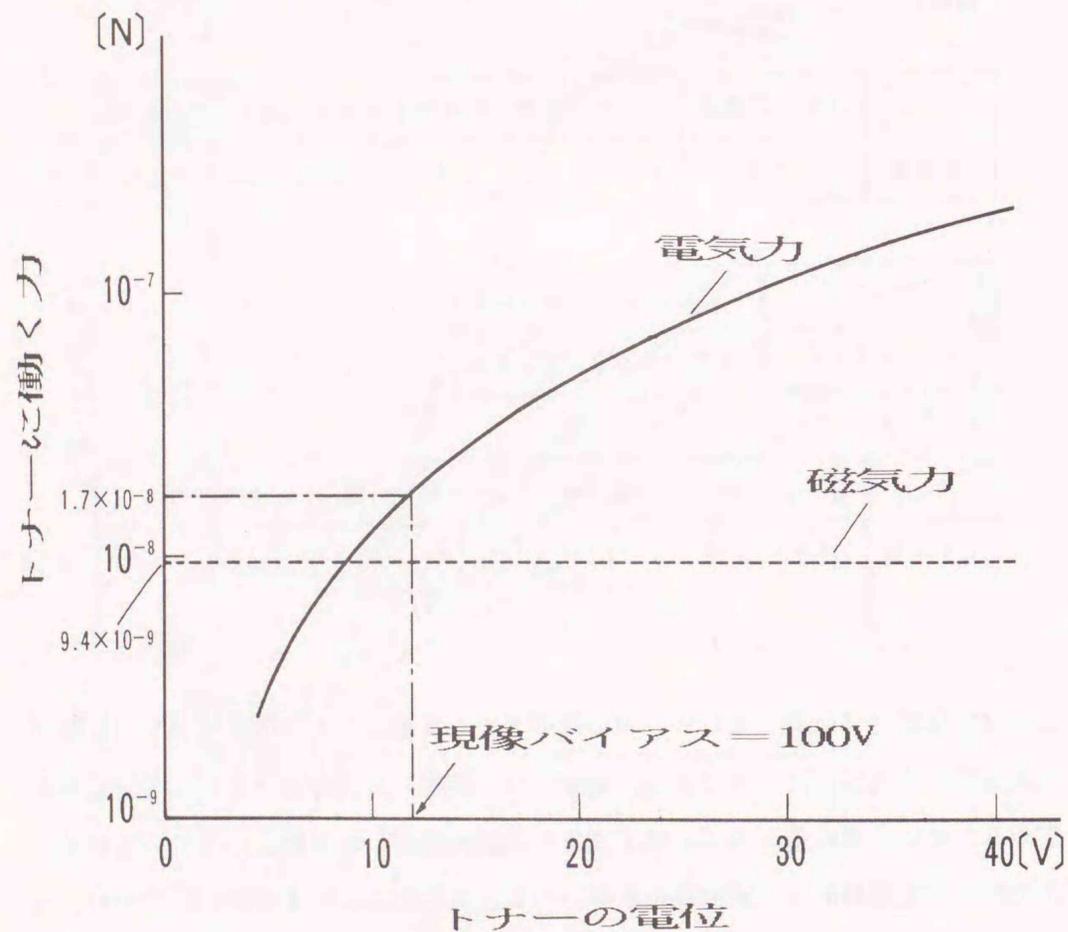


図4-9 トナーの持つ電位を変化させた場合の電気力の計算値

と2倍程度の差がある。電気力を計算で求めるときに、誘電率は球全体を包むとして計算したが、実際はトナーと感光体と接する所までは空気中であり、トナー自身は完全な導体でなくトナーを形成するための樹脂などが存在しているため、これらを考慮した厳密な計算は困難である。しかし、トナーが付着するときの電気力が理論値と実験値でオーダ的にはほぼ一致していることから、光誘起型電子写真記録法の記録原理としては、主に電気力と磁気力で支配されることが言える。また、図4-8の実験結果で現像バイアスが200Vのとき記録濃度がほぼ飽和しており、このときの電気力は磁気力の大きさより1桁以上も大きく、トナーが十分付着することが分かる。

4.4 まとめ

本章では、粒子摩擦荷電法の応用として、電子写真記録のプロセスを簡略化した光誘起型電子写真記録を提案およびその記録原理について解析し、以下のことが明らかになった。

- (1) 荷電・露光・現像・クリーニングをほぼ1プロセスで行い、転写を含めて2プロセスで行う記録方式を提案する。
- (2) 光誘起型電子写真記録の記録原理は、電圧の印加された導電性トナー層が感光体表面を接触摩擦することで感光体が帯電し、トナー層と感光体が離れる寸前で像露光することで電位の低くなった領域にトナー像が形成される。
- (3) 光誘起型電子写真記録法のトナー像形成機構は、主に電気力と磁気力で支配されることを明らかにした。
- (4) トナーが付着し始める電位（実験データ）から求めた電気力と計算で求めた電気力の値は、ほぼオーダ的に合うことを得た。
- (5) 記録濃度が飽和するときの電気力は磁気力の約10倍であり、トナーが十分付着している状態であると考えられる。
- (6) トナーに働く力としては、磁気力と電気力以外の遠心力、カキトリ力および重力はほとんど影響がないことが分かった。

第5章 光誘起型電子写真の基礎的特性

光誘起型電子写真記録に伴う記録パラメータは、現像ギャップ・材料（トナーの抵抗・大きさ、感光体層の材料・厚さ等）・記録速度（スリーブの回転速度、ドラムの回転速度）・記録電圧（正・負の現像電圧）等が挙げられる。本章では、これらの記録パラメータにおける記録特性を明らかにするとともに最適値を求めた。

5.1 磁極位置と記録濃度の関係

光誘起型電子写真記録は、トナー接触領域においてクリーニング・荷電・露光・現像を同時に行っているため、従来法のプロセス分離に比べて地かぶりが生じ易い。この地かぶりの原因の1つとして、磁極の位置がある。現像器と感光体をトナー層を通して接触させるときに、同じ現像ギャップでも磁極の位置でトナー層の厚さが異なる（図3-3）ことから、磁極の位置によりカキトリ力が影響を受ける。そこで、適正な磁極の位置を求めるとともに、その機構を考察した。磁極位置の実験として、スリーブ回転方向と感光体回転方式を同方向と逆方向の場合について行った。

<実験条件>

スリーブ周速	$v_1 = 20\text{cm/sec}$ 、
記録速度	$v_2 = 2.5\text{cm/sec}$ 、
現像バイアス	$v_g = 200\text{V}$
磁極ローラ	8極（800ガウス）

(1)スリーブ回転方向と感光体回転方向が同方向の場合（現像位置では、移動方向は逆になる）。

磁極位置と記録濃度と地かぶりの関係を図5-1に、記録画を図5-2に示す。

図5-1の回転角度 0° は、磁気ローラ中心を通る垂線上に磁極が位置している状

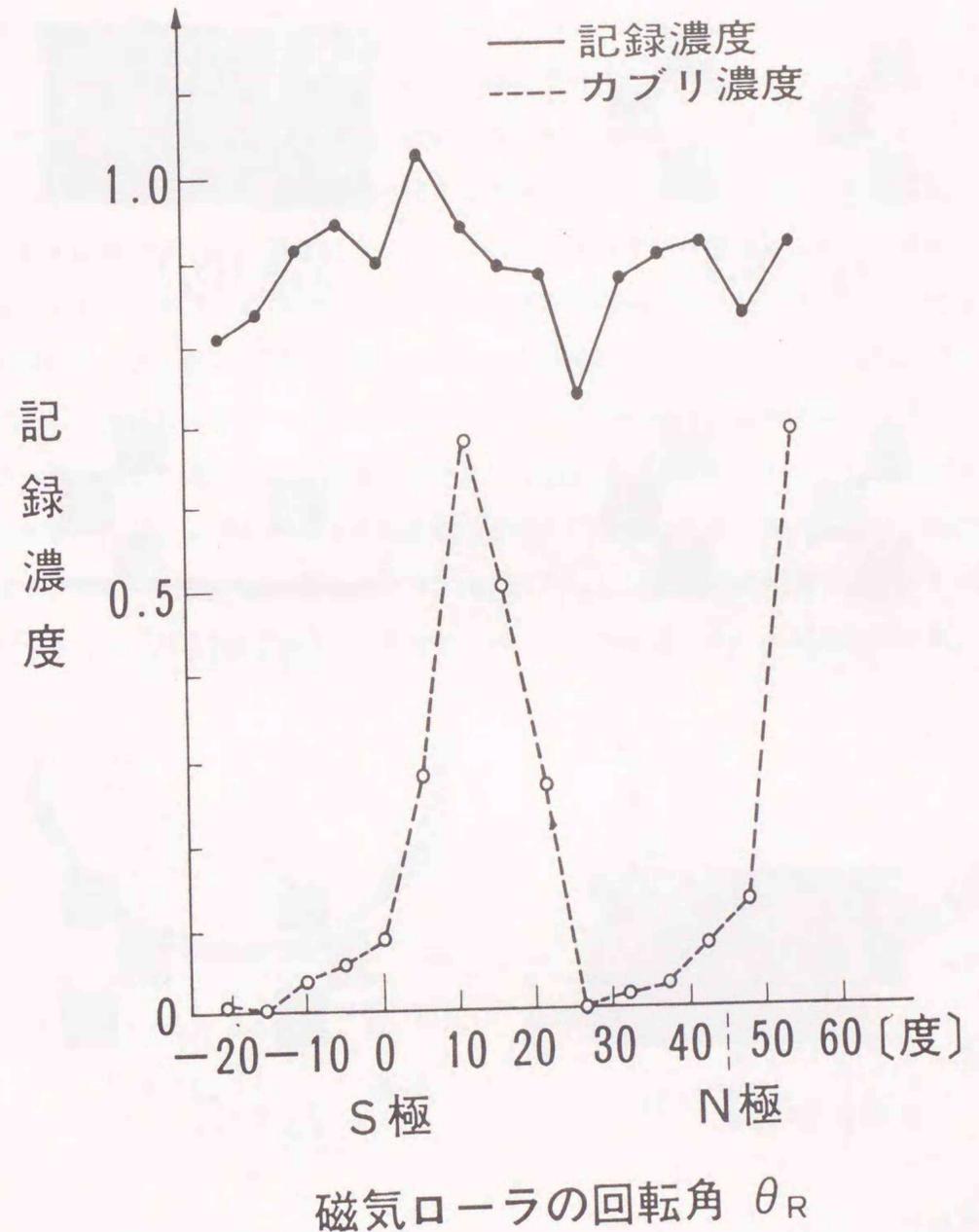


図5-1 磁極位置による記録濃度とカブリ濃度（同方向）

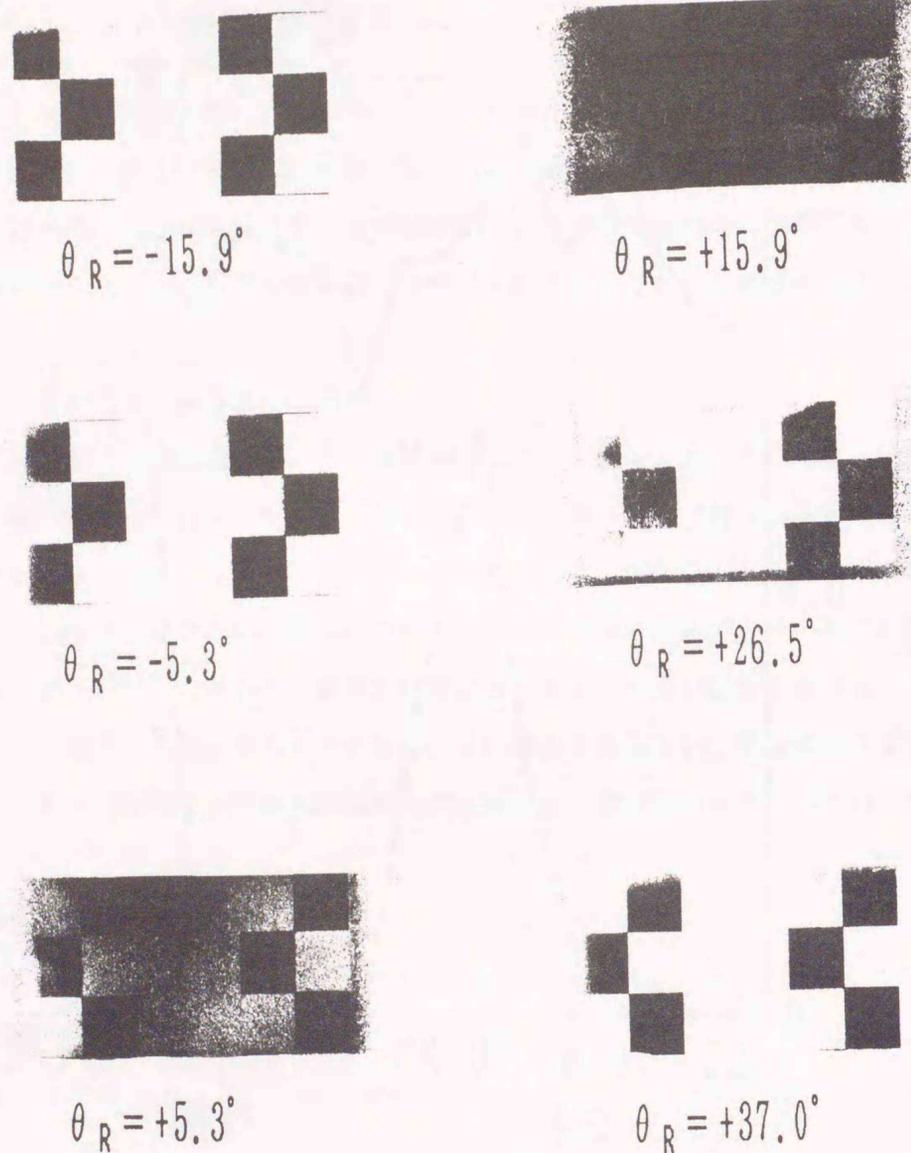


図5-2 各磁極位置による記録画
(同方向)

態を表す。記録濃度の変化は比較的小さく0.74~1.02であった。一方、地かぶり濃度は激しく変化している。磁極の位置 $\theta_R = -15^\circ$ 、 $+25^\circ$ のときほとんどかぶりがなく、一方、 $\theta_R = +10^\circ$ のとき、0.68と高濃度を示した。地かぶり濃度が激しく変化する原因について、図5-3を用いて考察する。(a)は、かぶりのない状態図を示している。感光体とトナー層の接する領域であって露光点より左方をX領域、右方をY領域とする。Y領域は、クリーニングおよび帯電を行う所である。露光点では、トナー層の厚さと現像ギャップ d_2 の幅がほぼ同じ長さになっており、感光体に触れるトナー層の接触力が弱いことおよび帯電によりトナーに働く電気力がないため、未露光時はトナーが磁力でスリーブに引き付けられた状態で露光点を通過する。X領域は、露光により現像したトナーを乱す作用をするので、できるだけ狭い方がよい。(b)は地かぶりが生じる状態を示している。トナー層の厚さは、磁極位置で、1.4~1.5mm、磁極間で0.7~0.8mmである。(b)の磁極位置では、トナー層がギャップ($d_2 = 0.7\text{mm}$)より大きいためトナーが圧縮され、X領域が広がる。こ

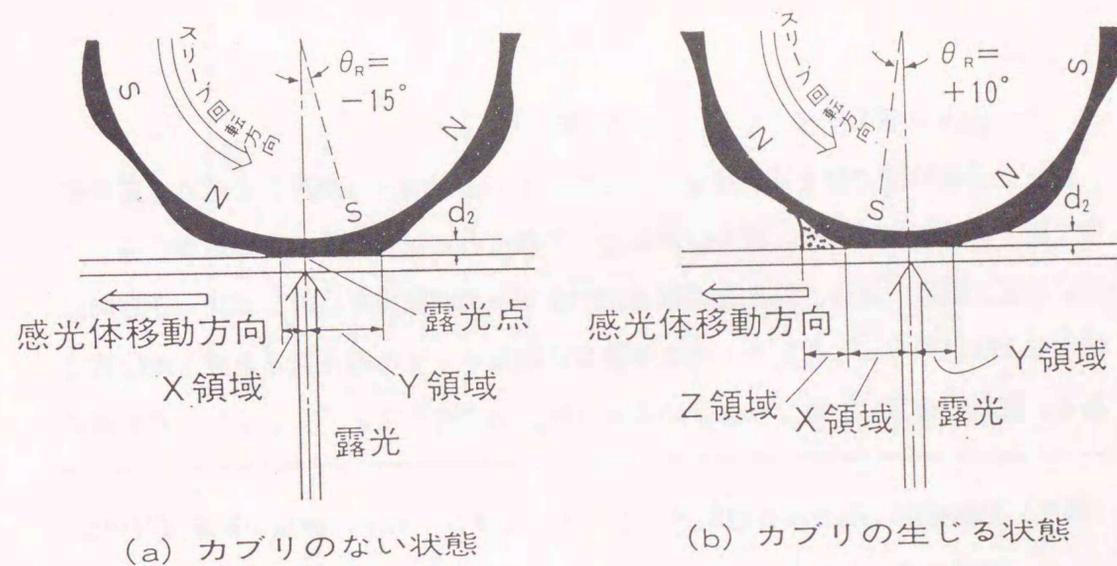


図5-3 磁極位置とトナー層の関係
(同方向)

の広がった領域を領域Zとすると、領域Zのトナーは領域Xのトナーにより磁極Sから遠くにあるため、トナーに働く磁力が弱くなっている。さらに、トナーの移動方向と感光体移動方向が逆であるため、これがスリーブからトナーを引き離す力となる。このような状態の領域Zのトナーが、地かぶりの原因になることが分かる。

(2)スリーブ回転方向と感光体回転方向が逆方向の場合

スリーブ回転方向と感光体回転方向が逆方向の場合について、磁極位置と記録濃度の関係を図5-4に、記録画を図5-5に示す。同方向の場合に比べて、記録濃度が激しく変化している。これは、露光位置を磁極ローラ中心を通る垂線の位置から右方へ3.5mm移動した点で露光を行うことになり、露光点でトナー層が接触していないために起こる。また、カブリ濃度の変化が少ない傾向を示した。これは図5-3(b)の感光体移動方向をスリーブと逆方向にして考えると、トナー層の広がる領域が帯電方向になるために、(1)節に述べたようなカブリは生じにくい。さらに、荷電領域が実行的に延びるので、安定した記録が得られる。

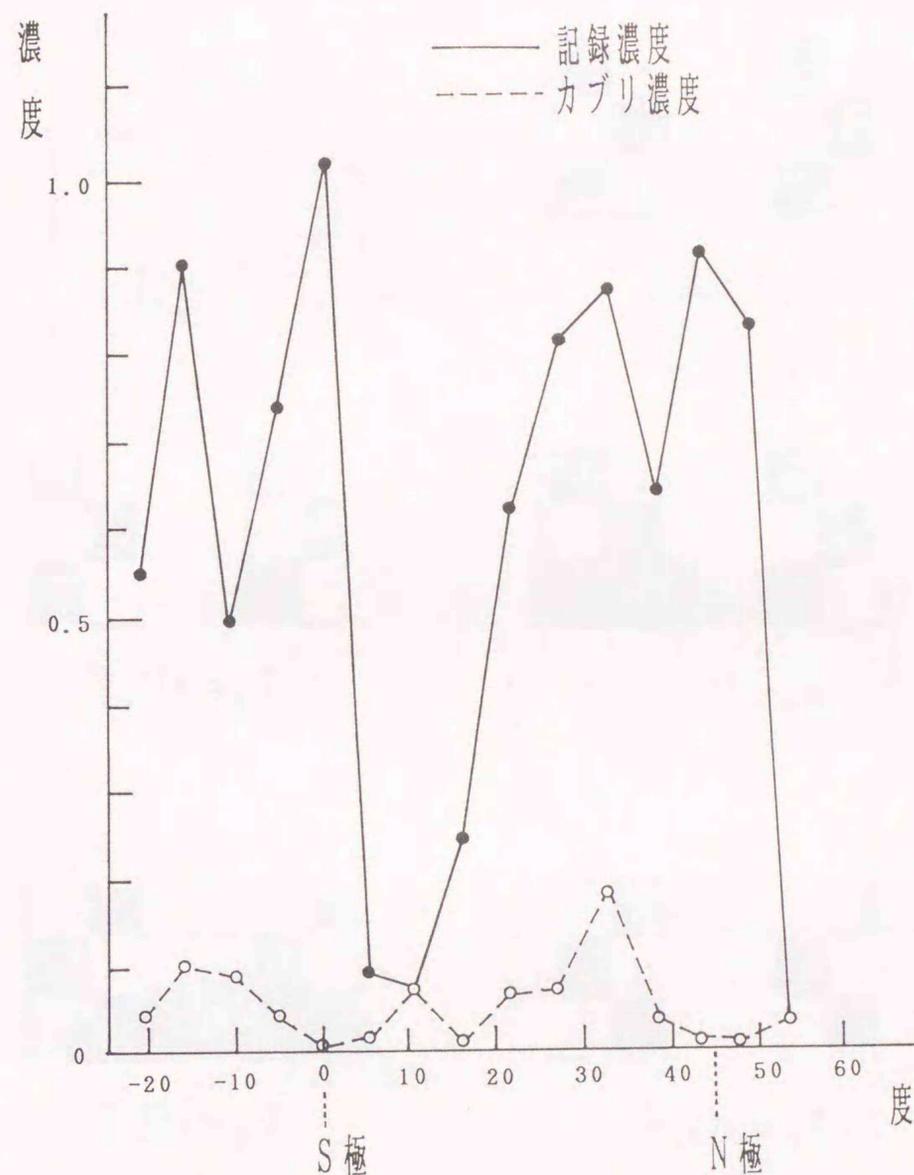
5.2 露光位置を変化させたときの記録特性

適正な磁極位置で露光位置を変化させたときの記録濃度(脚注)を求め、露光位置に関する精度を求めた。露光位置によって得られる記録濃度の実験結果を図5-6に示す。図5-6は、感光体回転方向がスリーブ回転方向に対して同・逆方向に関する実験結果を示しており、露光位置0は磁気ローラ中心を通る垂線上の位置である。磁極の位置は、カブリがない位置(同方向のとき $Q_R = -15^\circ$ 、逆方向の

(脚注) 記録濃度: 濃さの客観的表現として、濃度Dがある。画像の対象部分の反射率をRとすると、

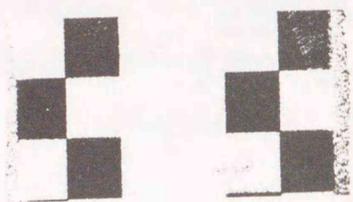
$$D = \log_{10} (1/R)$$

で表され、単位はない。黒を表現する上で、濃度1.0以上が必要とされている。

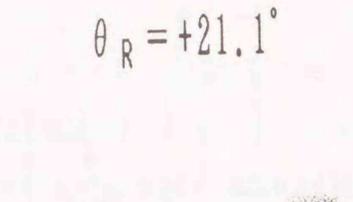


磁気ローラの回転角 θ_R

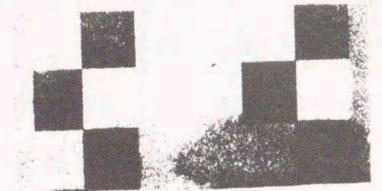
図5-4 磁極位置による記録濃度とカブリ濃度(逆方向)



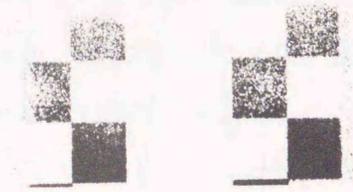
$\theta_R = -10.6^\circ$



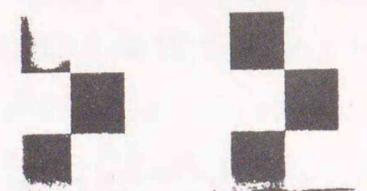
$\theta_R = +21.1^\circ$



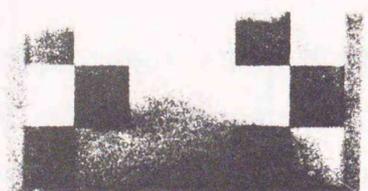
$\theta_R = 0^\circ$



$\theta_R = +31.7^\circ$



$\theta_R = +10.6^\circ$



$\theta_R = +42.3^\circ$

図5-5 各磁極位置による記録画
(逆方向)

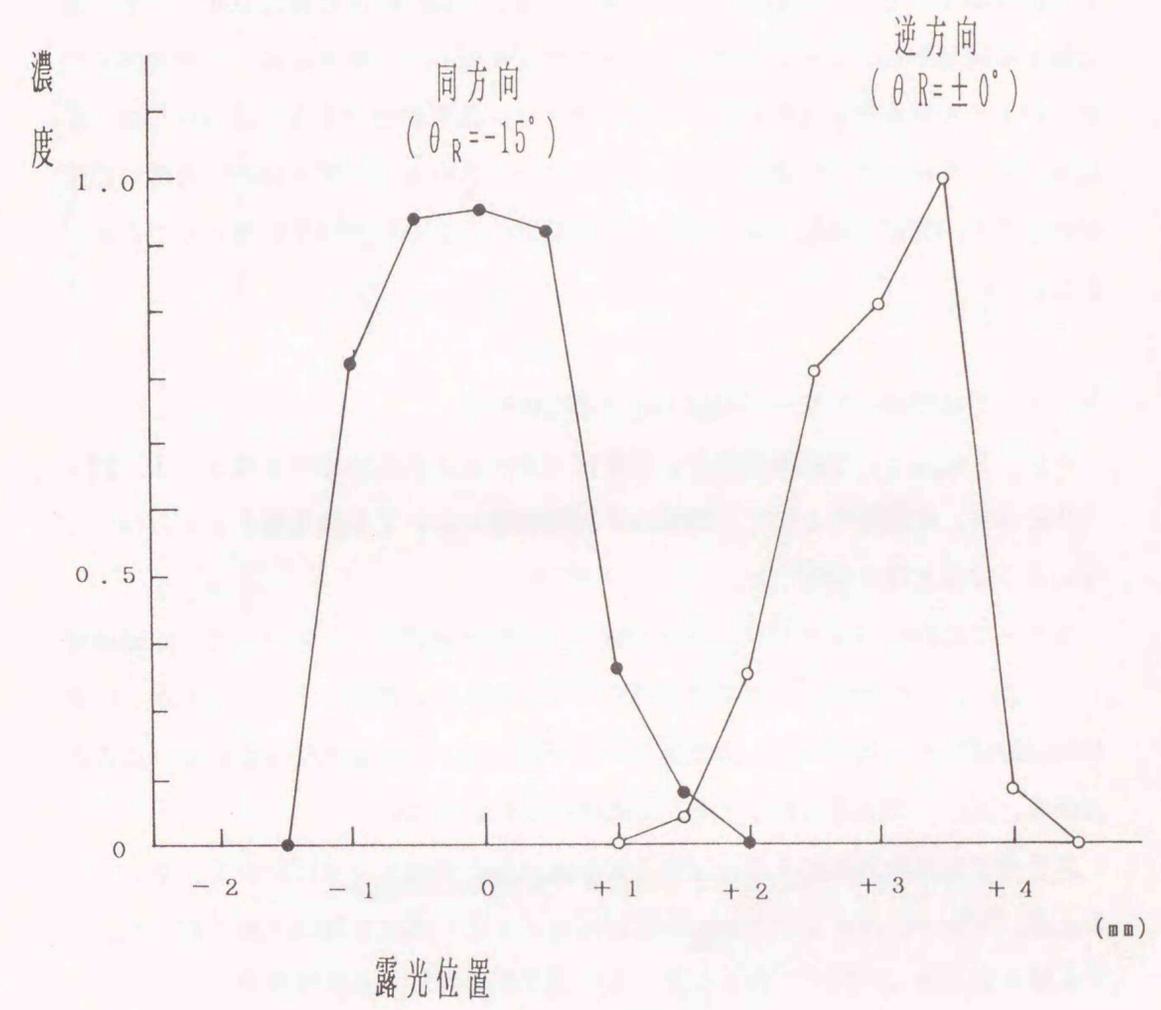


図5-6 露光位置による記録濃度

とき $Q_R = 0^\circ$) を選んだ。同方向では、露光点を中心に $\pm 0.5 \text{ mm}$ の範囲内で高い濃度が得られた。露光点を一側 (左方向) に移すと、トナー層が感光体と接する密度が薄くなり、記録濃度が低くなる。一方、+側に移すと露光点からトナー層と接する領域が長くなることでクリーナの作用が生じて、露光によって感光体に付着したトナーは取り除かれていくため、やはり、濃度が低下する。逆方向では、露光点 $+3.5 \text{ mm}$ で高い濃度が得られ、これから外れると上記と同様に急激に濃度が低下する。装置を構成する上では、許容範囲の大きい同方向を採用することが望ましい。

5.3 記録濃度のスリーブ周速と記録速度依存性

スリーブ周速 v_1 と記録速度 v_2 を変化させたときの記録特性を図5-7, 図5-8に示す。実験条件として、いずれの記録速度においても露光量を $2 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ となるように露光量を調節した。

スリーブの回転方向とドラム回転方向が同方向の場合の図5-7において、記録速度 $v_2 = 2.5 \text{ cm}/\text{sec}$ の場合が他の記録速度より僅かに高い濃度を示しているが、いずれの記録速度も大差がない。露光量が一定であれば、記録速度に依存しないことが分かる。スリーブ周速に対しても記録濃度の変動が少ない。

スリーブの回転方向とドラム回転方向が逆の場合の図5-8において、 $v_1 = v_2$ のとき、トナーのカキトリ力が働かないので、カブリ濃度が極めて高くなった。トナー層と感光体との間で、ある程度以上の攪拌が必要なことが分かる。

図5-9の記録サンプルから画像品質の点を考慮すると、同・逆方向回転とも $v_1 / v_2 = 4$ 以上を必要することが分かった。さらに、品質面からみると逆方向の方が優れている。

5.4 現像バイアスを変化させたときの記録特性

トナーを搬送する導電性スリーブと感光体との間に印加する現像バイアスを変化させたときの記録特性を調べた。実験結果を図5-10に示す。正・負いずれも

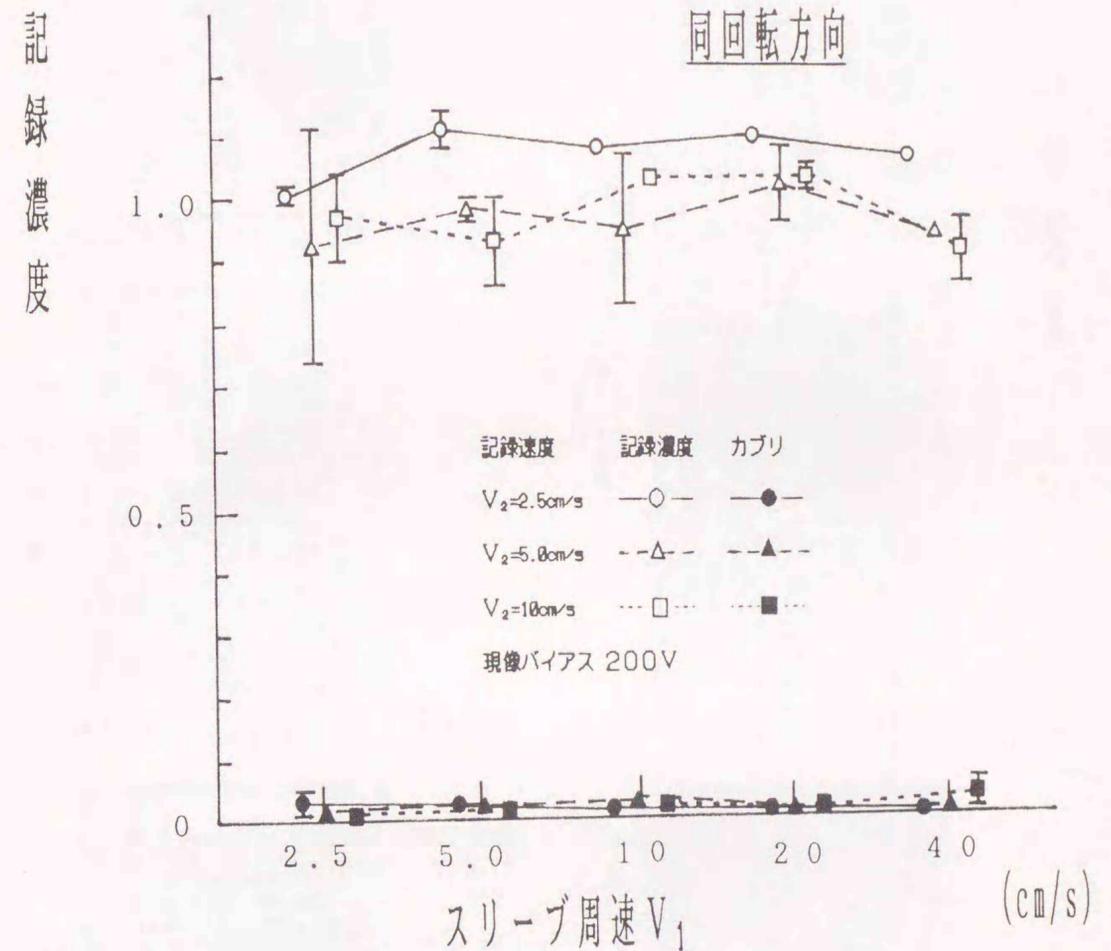


図5-7 スリーブ周速と記録速度を変化させたときの記録特性 (同方向)

記録濃度

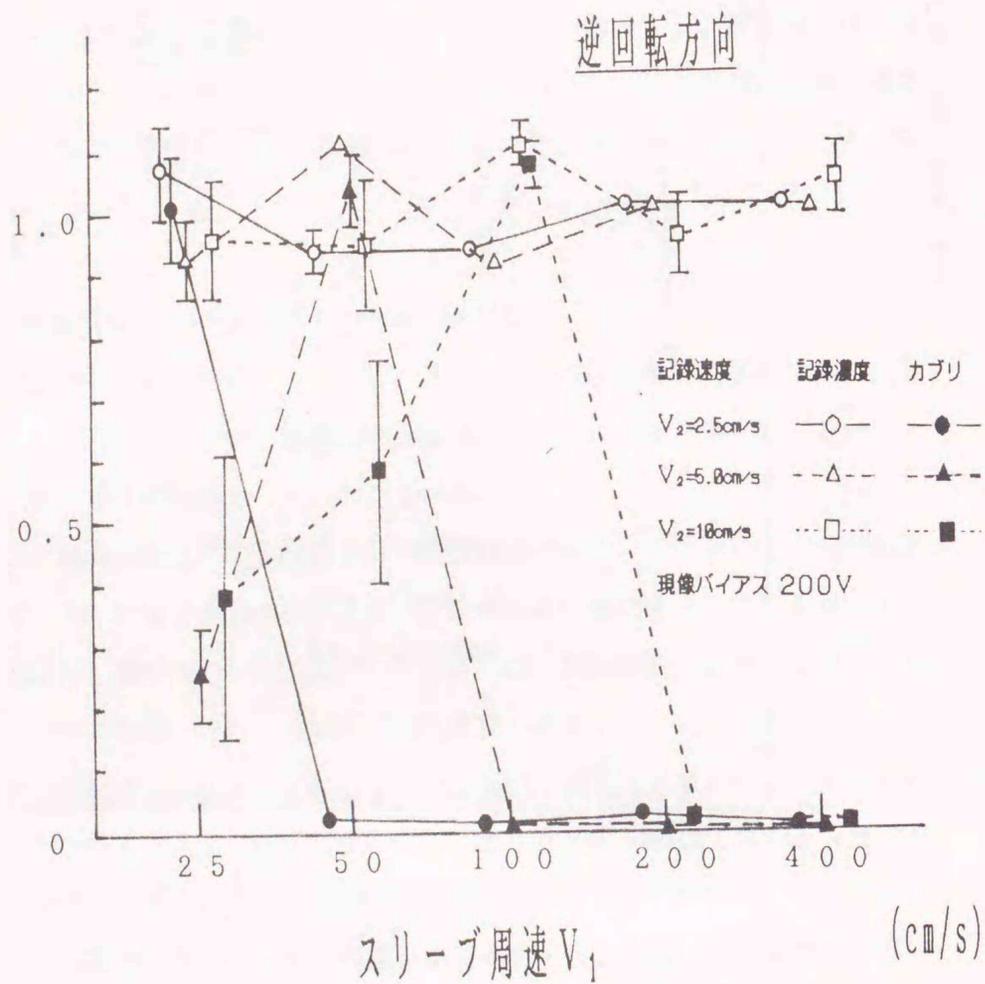


図5-8 スリーブ周速と記録速度を変化させたときの記録特性 (逆方向)

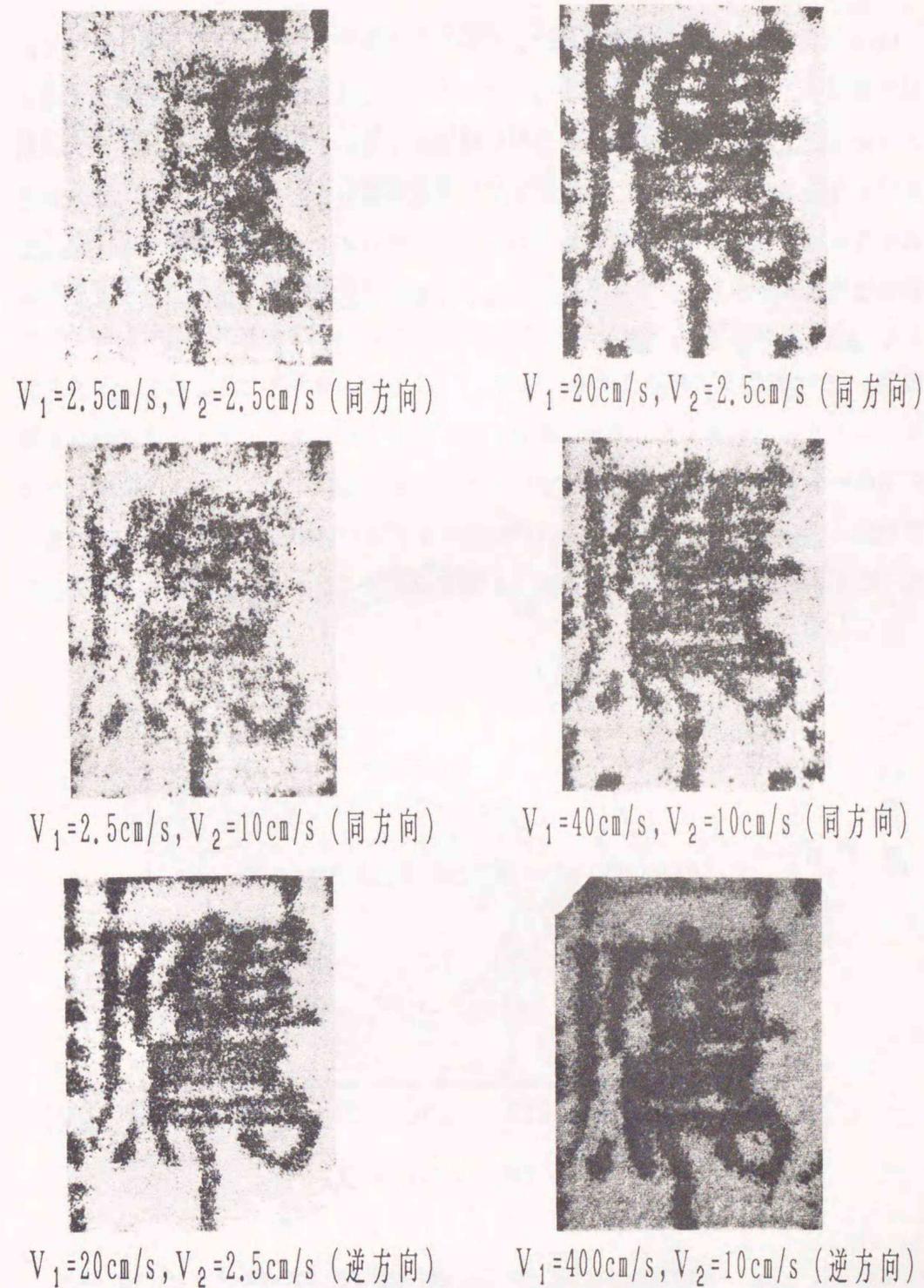


図5-9 スリーブ周速と記録速度を変化させたときの記録画

200Vで1.0以上の記録濃度を得た。しかし、これ以上現像バイアスを上げてても記録濃度は上がらなかった。また、特に負バイアスでは200Vを越えると急激に地かぶり濃度が上がった。これは、P型Se感光体を用いているので、負バイアスに対して十分帯電しないために、現像バイアスと表面電位との差が大きくなったためと考えられる。200V時の記録画において、正・負バイアスの印加条件での記録品質の差は見られなかった。また、従来の電子写真法に比較して、現像バイアスが200V～300V低くなっている。

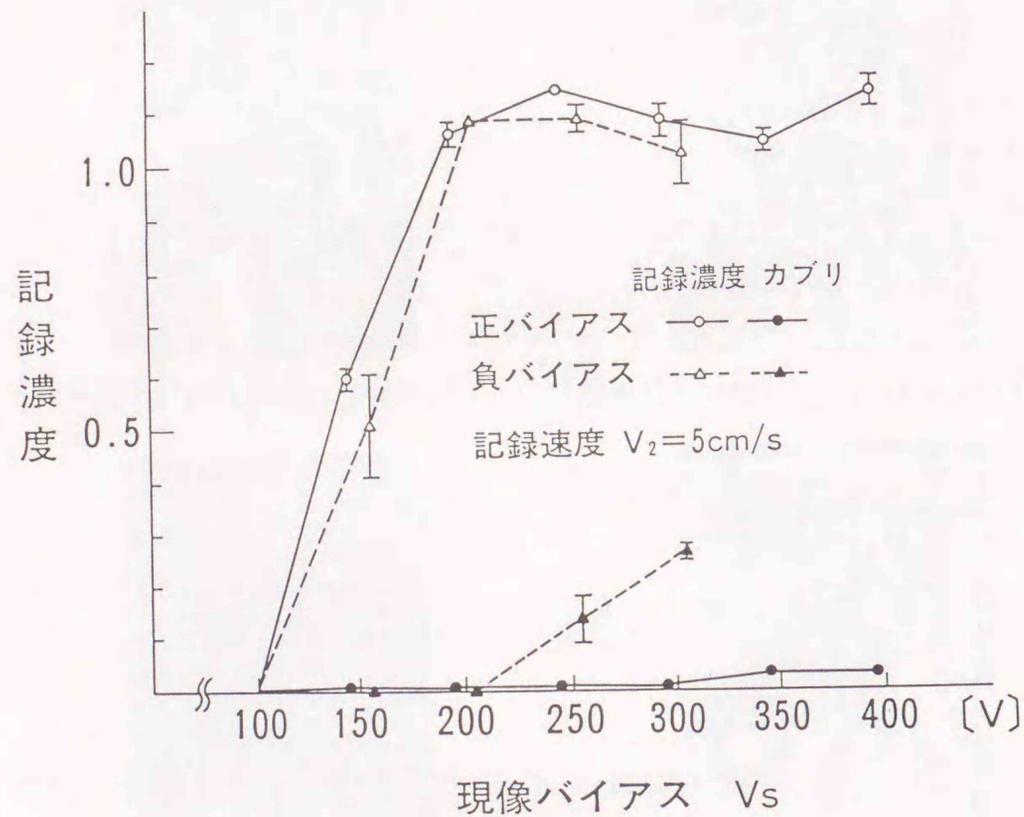


図5-10 現像バイアスを変化させたときの記録特性

5.5 ドクタ間隔と現像ギャップを変化させたときの記録特性

ドクタ間隔 d_1 および現像ギャップ d_2 について、スリーブ回転方向と感光体回転方向が同・逆方向の場合に分けて、記録特性を求める実験を行った。図5-11に、スリーブ回転方向と感光体回転方向（同方向時）、ドクタ間隔 d_1 および現像ギャップ d_2 を示す。

同方向についての実験結果を図5-12に示す。 $d_2 = d_1 + 0.1\text{mm}$ のとき、カブリ濃度が極めて小さくてかつ高い記録濃度が得られた。現像間隔 d_2 をこれ以上大きくしていくと、感光体に接するトナーの磁力が弱まりカブリ濃度が増し、記録濃度は露光点のトナー密度が薄くなるため下がる。また、 d_2 を d_1 より小さくすると、現像ギャップ d_2 を通過できないトナーが露光後の感光体上にトナーの溜まりを作る。この溜まりが現像されたトナーに対してクリーナの働きを行い、記録濃度を下げることになる。また、ドクタ間隔 d_1 が大きくなれば記録濃度も上がるが、

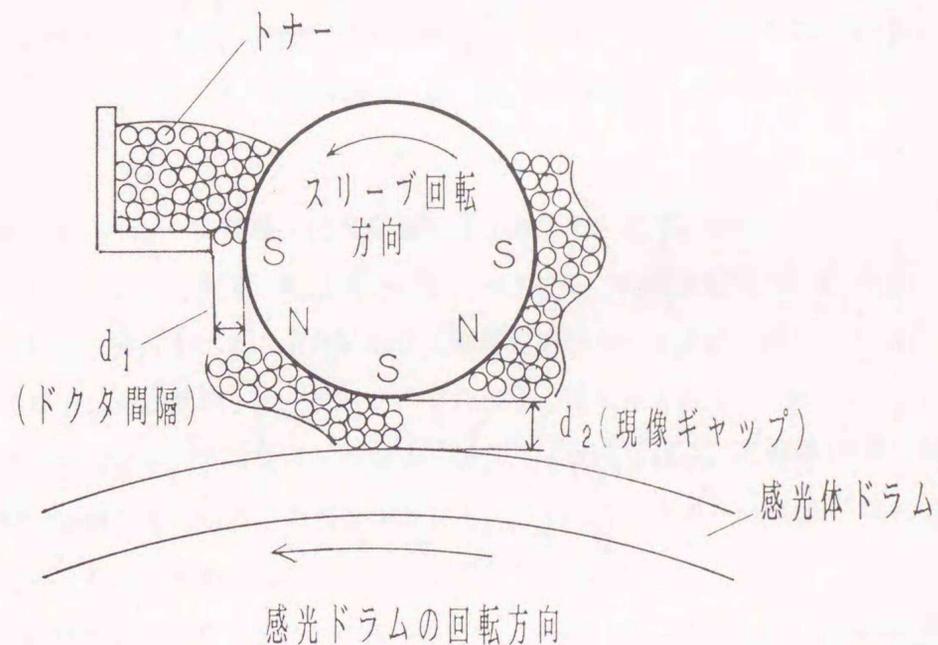


図5-11 ドクタ間隔と現像ギャップの位置

カブリ濃度を低くできる範囲が狭まり、記録が不安定になった。図中の×印は、記録濃度とカブリ濃度が一致した所である。

逆方向についての実験結果を図5-13に示す。逆方向と比較し、 d_2 の広範囲においてカブリのない記録ができた。この理由として、 d_2 が d_1 より小さい場合、トナー層の厚さが d_1 により制限され、ギャップ d_2 より右方にカブリになるトナーの溜まりができないためである。

よって、安定に記録画が得られる条件としては、同・逆方向いずれにおいても $d_1 = 0.7 \text{ mm}$ 、 $d_2 = 0.8 \text{ mm}$ である。

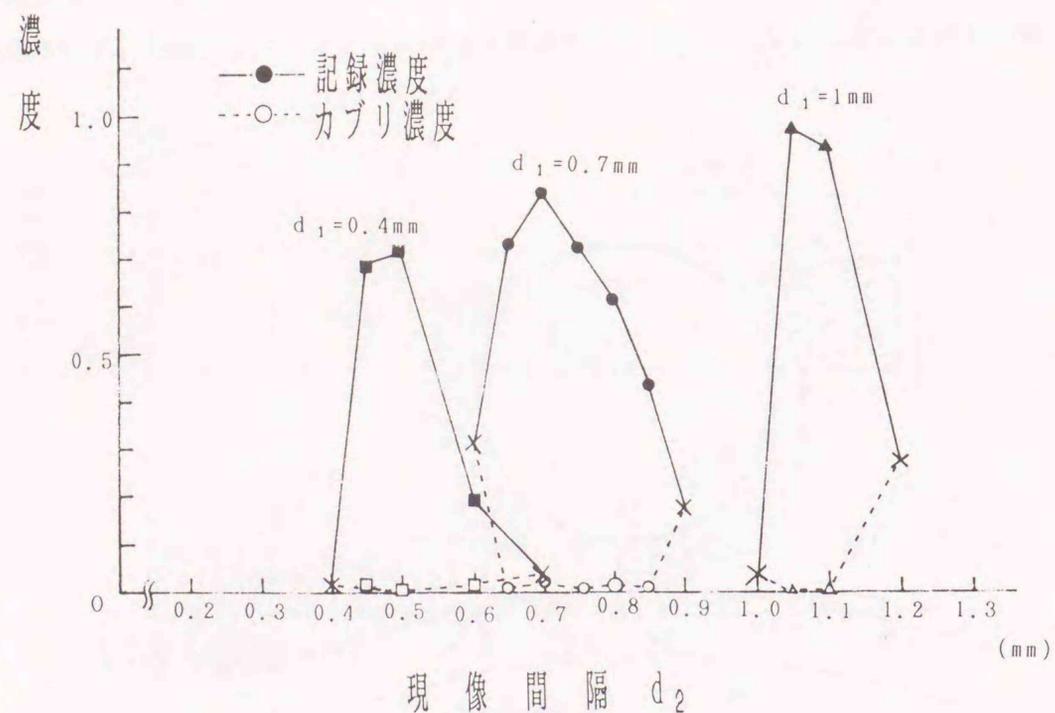


図5-12 現像間隔およびドクタ間隔による記録・カブリ濃度 (同方向)

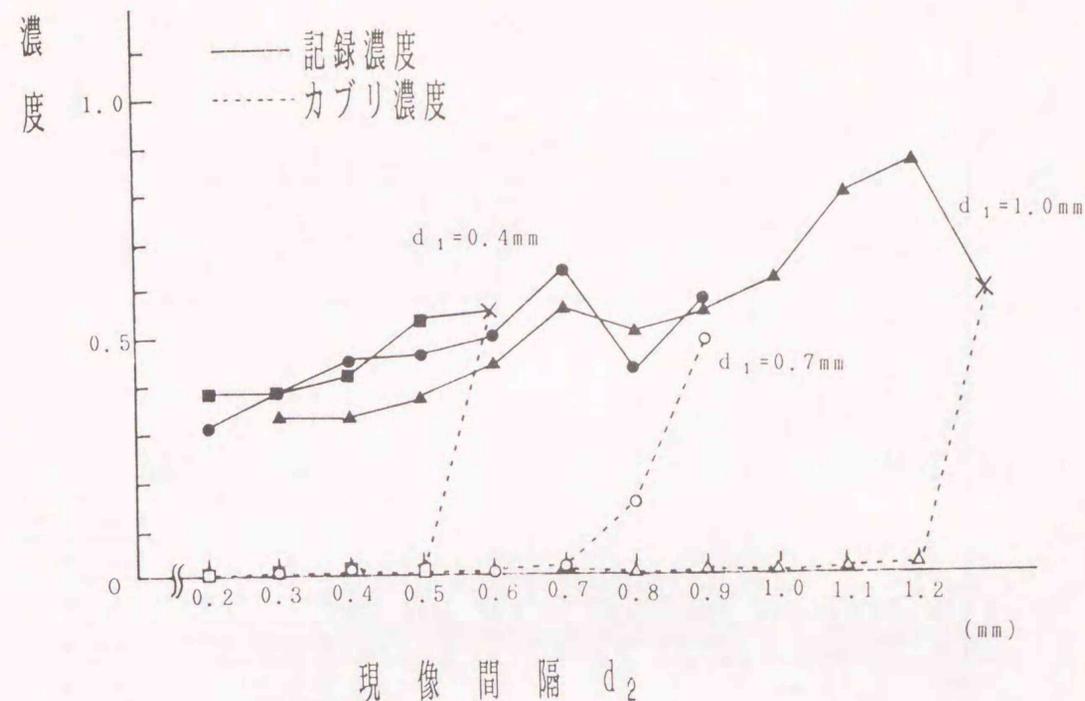


図5-13 現像間隔およびドクタ間隔による記録・カブリ濃度 (逆方向)

5.6 トナーの粒径・抵抗率を変化させたときの記録特性

トナーの平均粒径・抵抗率をパラメータとして記録実験を行った。各トナーの平均粒径・抵抗率によって得られた記録濃度を図5-14に、図5-14中に本実験で使用した6種のトナーA~Fの平均粒径・抵抗率を表にして示す。トナーは、黒色顔料、鉄分およびそれらを固める樹脂から構成される。本実験で用いたトナーは同一の成分からなり、混合比が異なるものである。トナーの準備については、平均粒径・抵抗率を指定してトナー製造業者に依頼した。

図中から分かるように、粒径の小さい方が高い記録濃度を示している。また、トナーBとトナーCでは著しく濃度が違っている。この原因は、トナー粒径分布の違いによるものと考えられる。各トナーの粒径分布を図5-15に示す。トナーEで

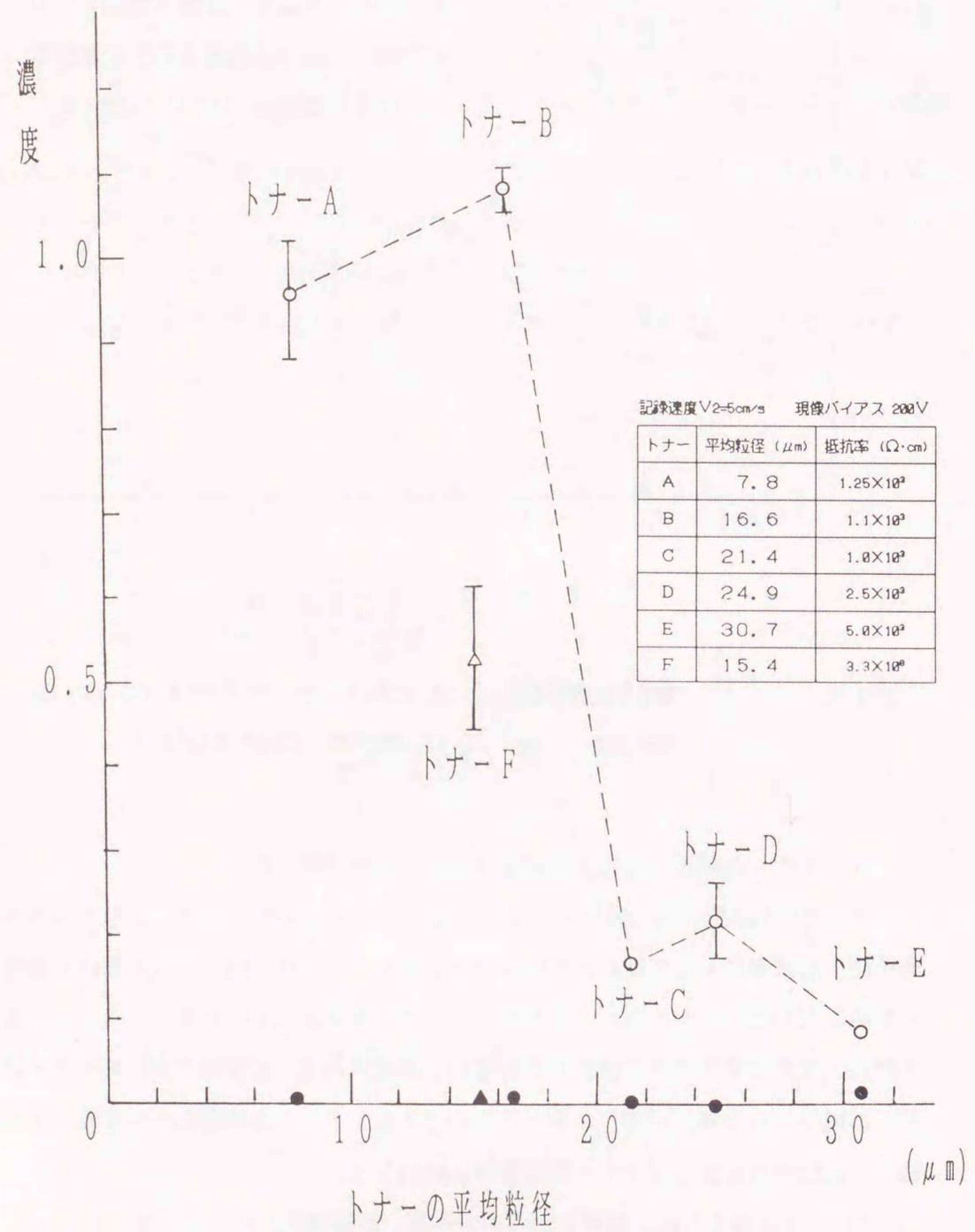


図5-14 各種トナーの記録特性

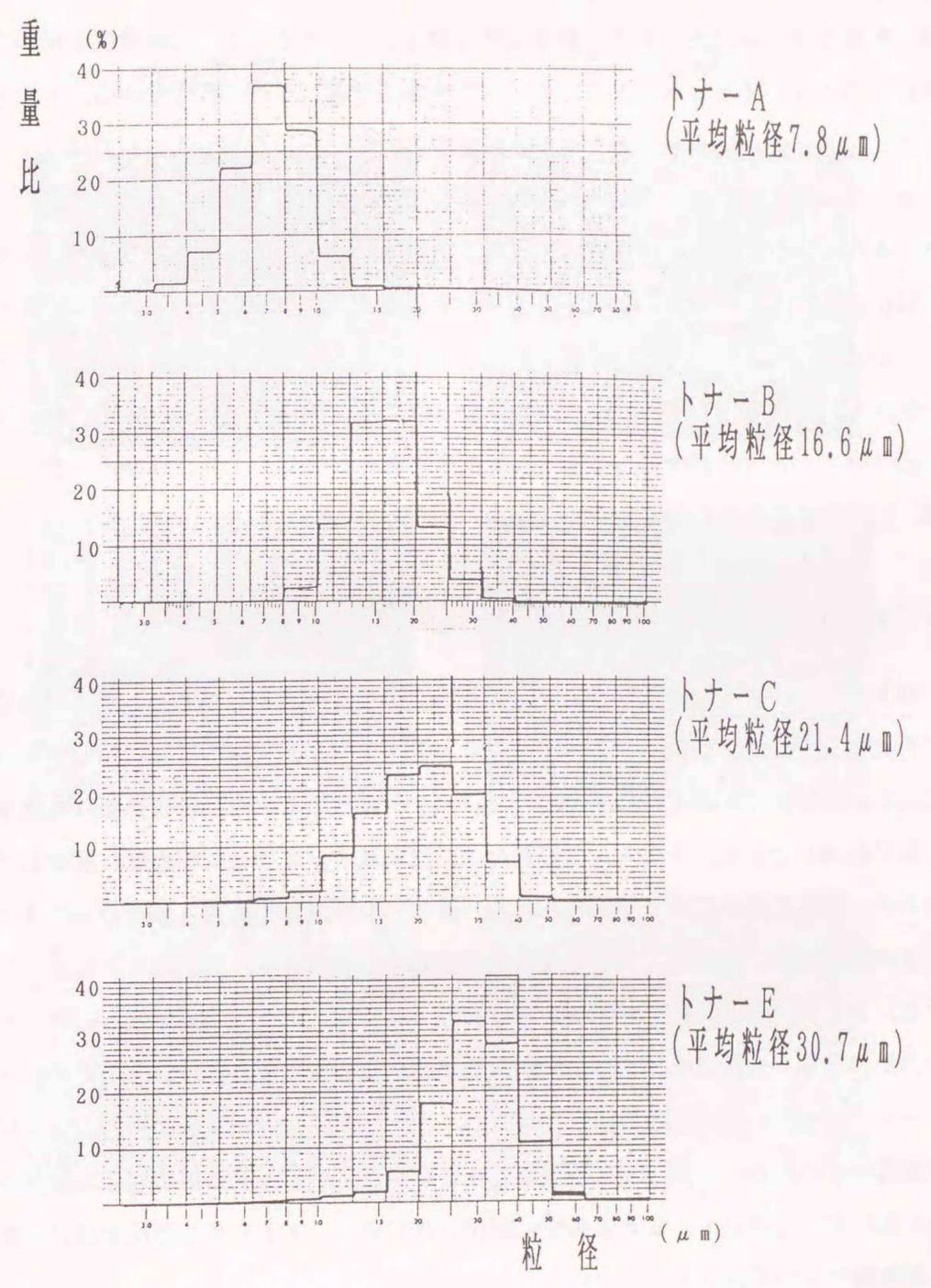


図5-15 各種トナーの粒径分布

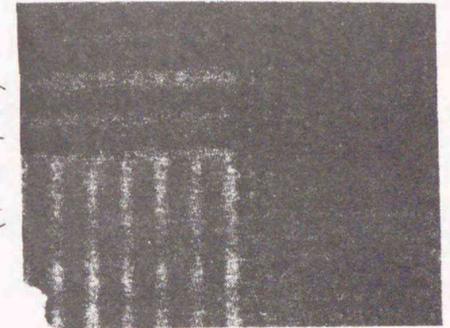
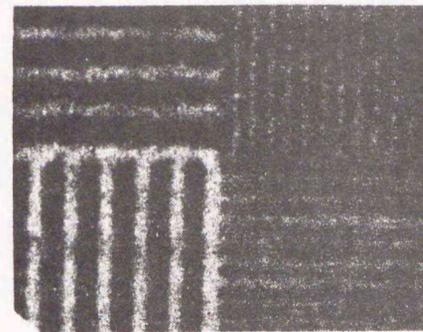
は、粒径 $20\ \mu\text{m}$ 以上のトナーが 90% (重量比) 占めていて、記録濃度が極めて低い。つまり、 $20\ \mu\text{m}$ 以上のトナーは感光体に付着しないことが分かる。トナー B では、 $20\ \mu\text{m}$ 以上のトナーが 18% と少ないのに対して、トナー C では 51% も有しており、この差が濃度に大きく影響しているものと考えられる。また、トナー A は、 $5\sim 10\ \mu\text{m}$ 間のトナーが 90% 程度占めており、ほぼ 1.0 の記録濃度が得られた。以上のことから、記録濃度に寄与する粒径は、 $5\sim 20\ \mu\text{m}$ の範囲であることが分かった。さらに、高抵抗トナー ($10^8\ \Omega\text{cm}$) F は、 $20\ \mu\text{m}$ 以下のトナーが 95% 占めているが、記録濃度が低かった。これは、トナーの抵抗率が高くなるにつれて、トナーが帯電しにくくなるためと考えられる。 $10^{15}\ \Omega\text{cm}$ のトナーでは、記録画を得ることができなかった。

5.7 記録紙とトナー

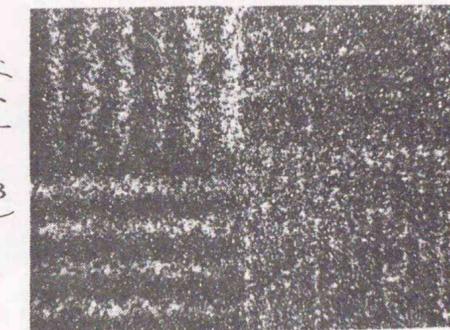
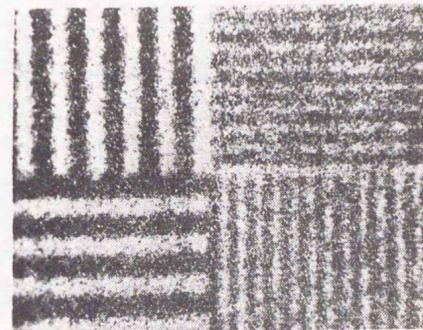
感光体上のトナー像を記録紙に転写したときの記録画について考察した。記録品質を調べるために、縦横 $1, 2$ ビット交番パターンを書かせた。記録画を図 5-16 に示す。記録紙 I は静電記録紙 ($10^{14}\ \Omega\text{cm}$)、記録紙 II は市販の普通紙 (抵抗率 $10^{12}\ \Omega\text{cm}$) である。トナー A の記録画は、記録紙 I, II ではほぼ同程度に解像しているが、線間で僅かにカブリがみられる。線は、きめ細かく再現されている。トナー B の記録画は、記録紙 I で 1 ビット交番を解像しているが、記録紙 II ではボケている。これは、転写時に記録紙側から電荷注入を受け、トナーと記録紙とのクーロン力が弱まり、記録紙を感光体から引き離す時に乱れると思われる。そのため、トナー A に比べて、線の再現に粗さが目立つ。トナー C, E の記録画は、もともと記録濃度が低いため、パターンの再現ができなかった。トナー F の記録画は、記録濃度が低いが、記録紙 I, II とも良好に解像されている。トナー F は抵抗が高いため、記録紙からの電荷注入を受けにくいためである。

記録紙 I

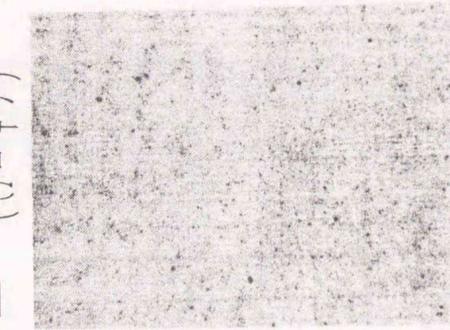
記録紙 II



(トナー A)



(トナー B)



(トナー C)

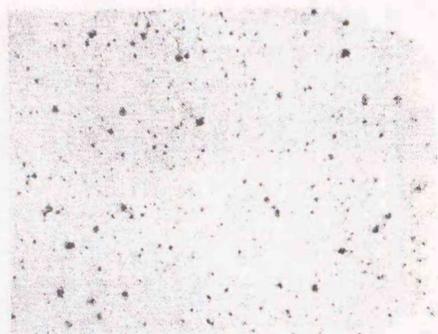
図 5-16(1) 各種トナーによる記録画

記録紙 I



(トナーE)

記録紙 II



(トナーF)

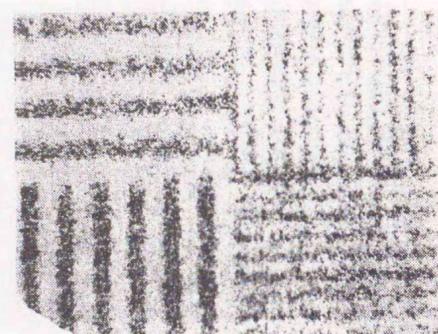
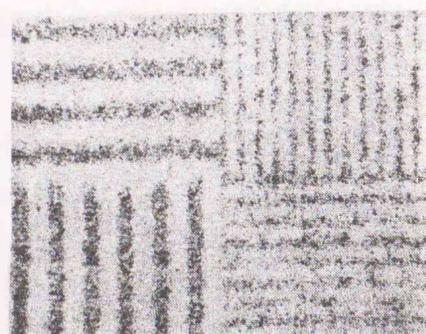


図5-16(2) 各種トナーによる記録画

5.8 感光体

感光体としては、アモルファス・セレンウムを使用し、光導電層の厚みによる記録特性を調べた。光源として、赤色LED（発光波長；660nm）を用いるため、Se層のみでは感度が不足する。そこで、Se-Te（15%；重量比）の増感層を設けた。本実験に使用した感光体の分光感度特性を把握する上で、感光体製造業者から入手した各種感光体の分光感度特性を図5-17に示す。

光導電層の厚さが25~100μmの範囲の感光体を用いて記録実験を行い、その結果を図5-18に示す。厚さが増すにつれて、記録濃度が下がった。これは、同一の現像バイアスのため、厚みが増加すると光励起キャリアに対する電界が弱くなり、感光体表面に到達するキャリアが減少することが主な原因と考えられる。

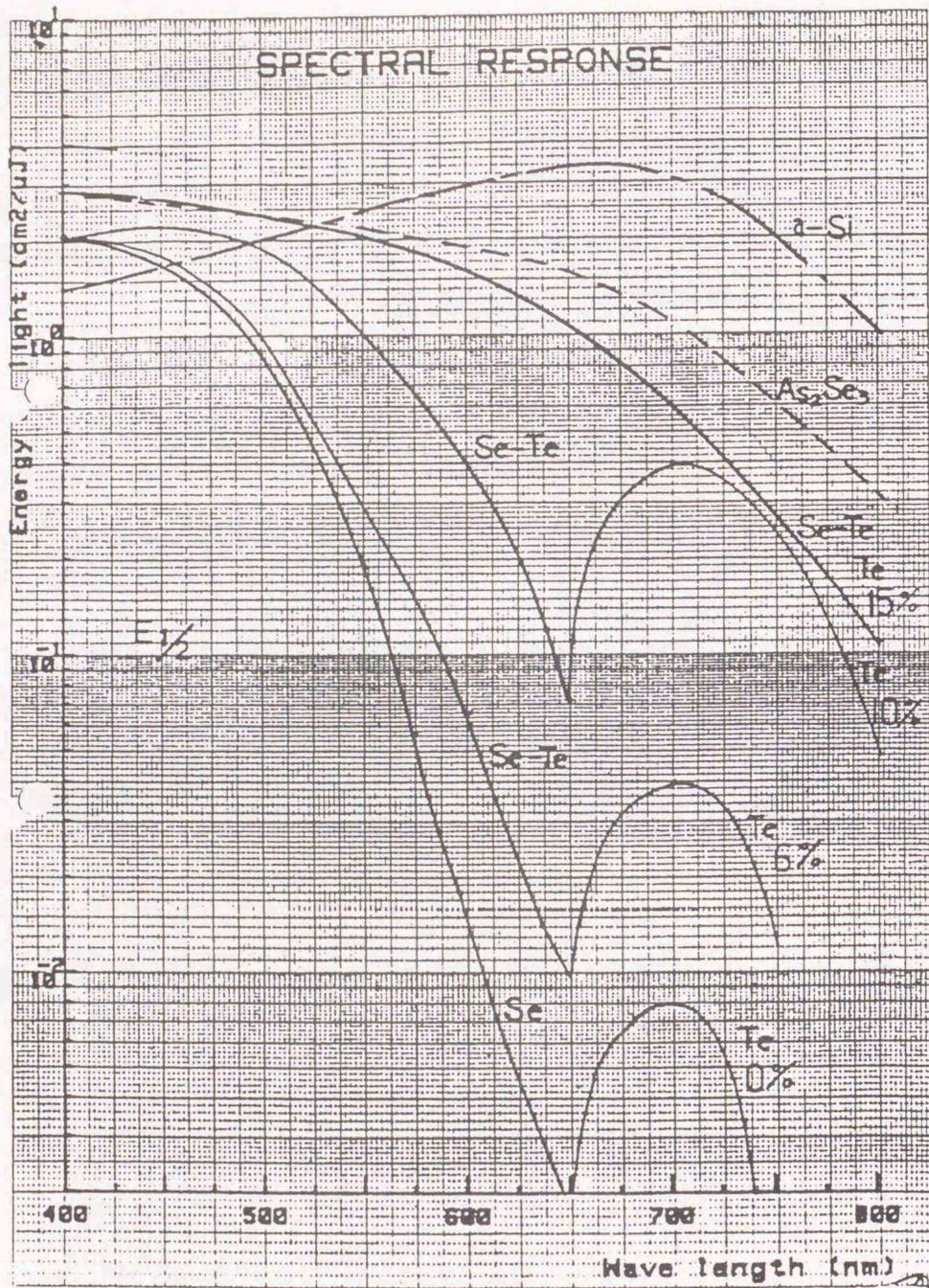


図 5-17 各種感光体ドラムの分光感度特性

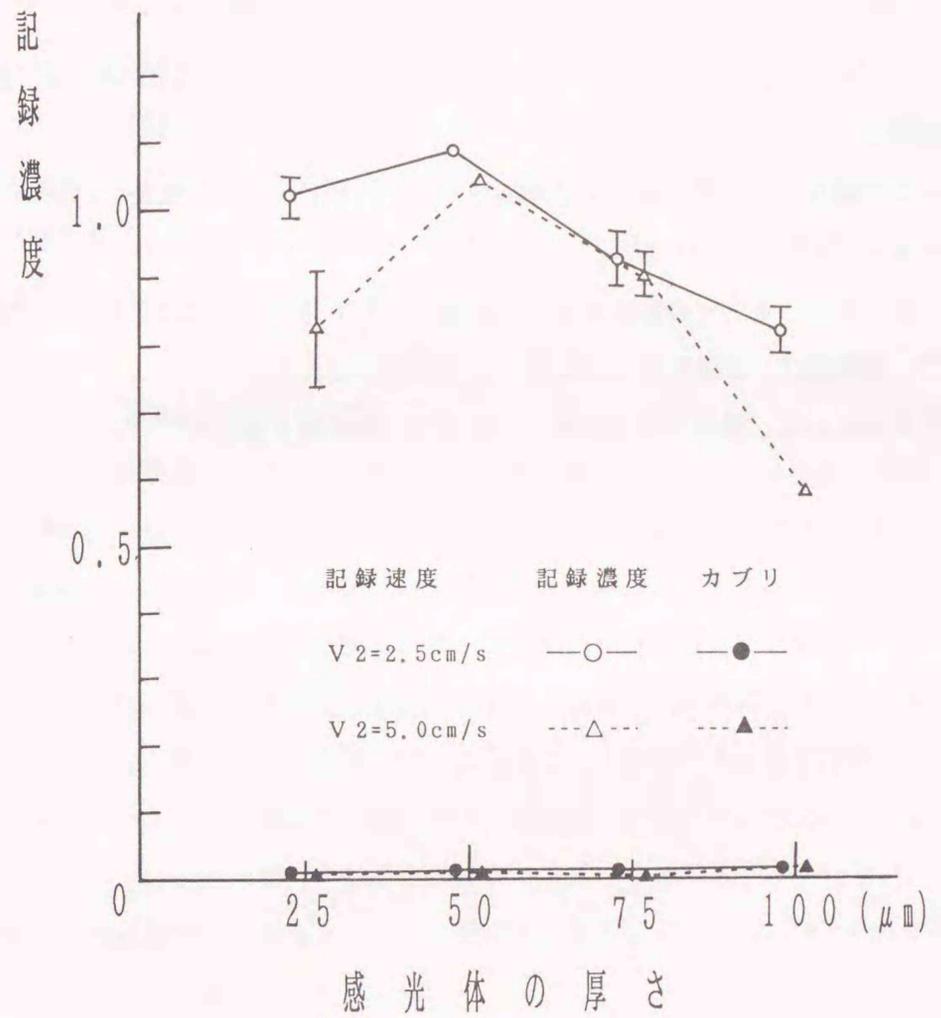


図 5-18 感光体の厚さによる記録特性

5. 9 まとめ

本章では、光誘起型電子写真記録に伴う各記録パラメータに対して、記録特性について以下のことが明らかになった。

- (1) 特定の磁極位置で、地かぶりが生じずに、高濃度で記録ができることが確認された。
- (2) スリーブ周速 v_1 と記録速度 v_2 との関係で、 $v_1 / v_2 = 4$ 以上のとき、高品質の画像を得ることができた。
- (3) ドクタ間隔 d_1 と現像間隔 d_2 の関係で、 $d_2 = d_1 + 0.1 \text{ mm}$ のとき、高品質の画像を得ることができた。
- (4) 本記録方法は、トナーの粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下のものを使用すれば記録可能である。さらに、記録紙は、高抵抗のものほど、転写特性に優れる。
- (5) 感光体ドラムは、感度上げるため、Se-Te増感層を設けた。

第6章 光誘起型電子写真記録装置の

試作と評価

従来型の電子写真記録装置は、第2章で述べたように多くのプロセスから成りたっているため、記録部の小形化・保守性の向上に限界がある。本論文の第4章で提案した光誘起型電子写真は、帯電、像露光、現像、除電、クリーニングの5つのプロセスをほぼ同時に行っているため、従来装置に比べて小型化および保守性の向上が可能とする記録方式である。そこで、この特長を生かした装置を作りあげることが必要である。本章では、提案した記録方式について、感光体、駆動系、光学系および全体設計について検討した結果を述べる。

6. 1 電子写真記録式プリンタ

プリンタの性能としては、記録速度、記録品質が主なものであるが、装置としての評価項目には、信頼性、容積、走行コスト等があげることができる。特に、電子写真記録は、記録速度・記録品質の点で優れた記録方式であり、1975年頃より盛んとなった。初期には計算機センター等で用いる周辺用プリンタとして実用化された。さらに、電子写真記録方式は、小型化・低価格化の努力がなされ、最近では卓上形がかなり製品として市場にでるようになってきている。電子写真記録式のプリンタについて、記録速度と容積のグラフを図6-1に示す。プリンタとしては卓上形になっているが、個人の机の上に置ける大きさまでには到っていない。光誘起型電子写真記録では、各個人が自分の机の上に置くことができ、個人使用ができるプリンタという形態を目指している。

6. 2 光誘起型電子写真記録法の装置化への検討

光誘起型電子写真記録の装置化のために検討すべき項目を図6-2に示す。現像部については、第5章で検討した。また、従来の電子写真式プリンタと光誘起型電子写真記録との異なる点で検討すべき項目に斜線を施した。その他の項目について

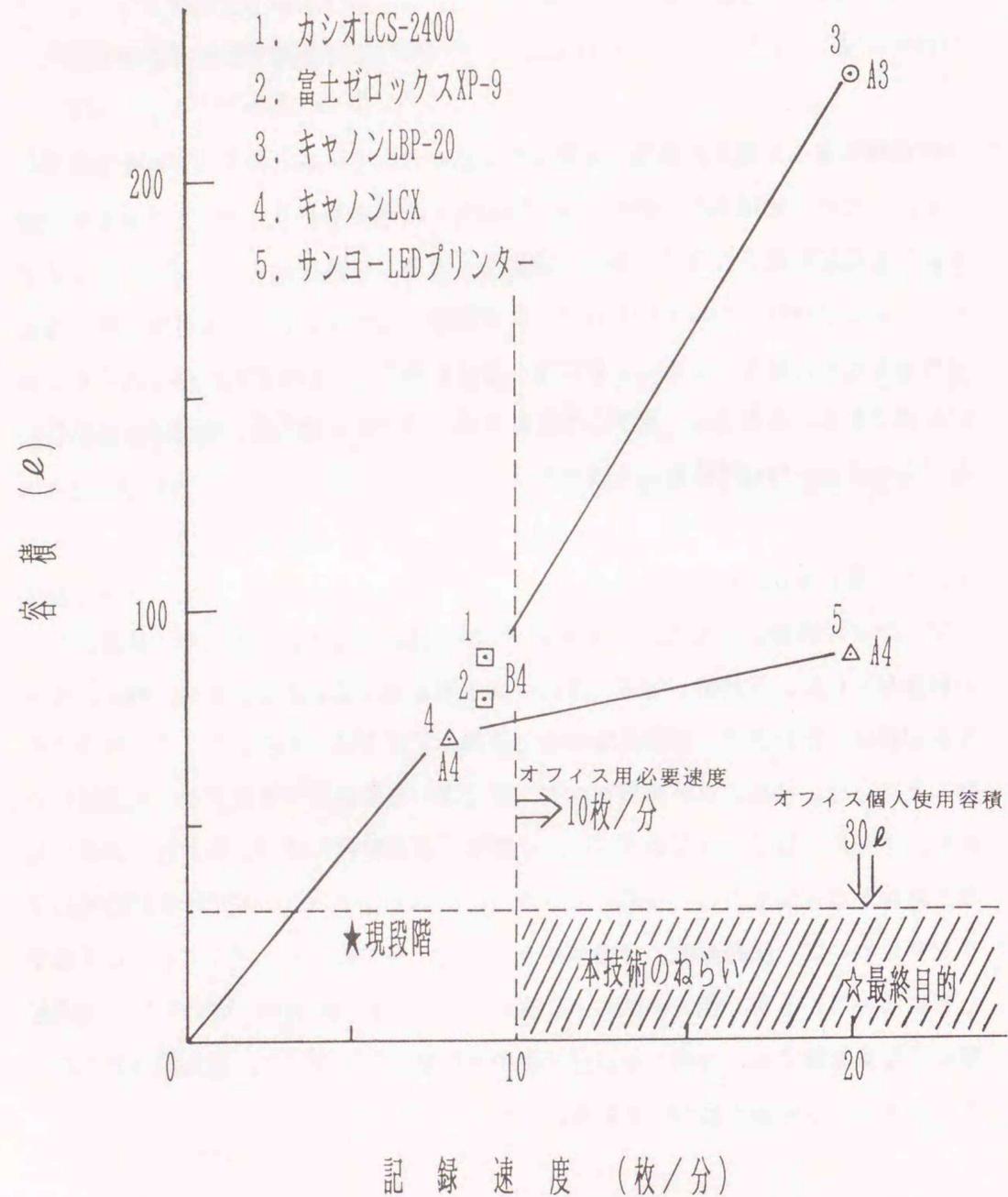


図6-1 市販プリンタの記録速度と容積

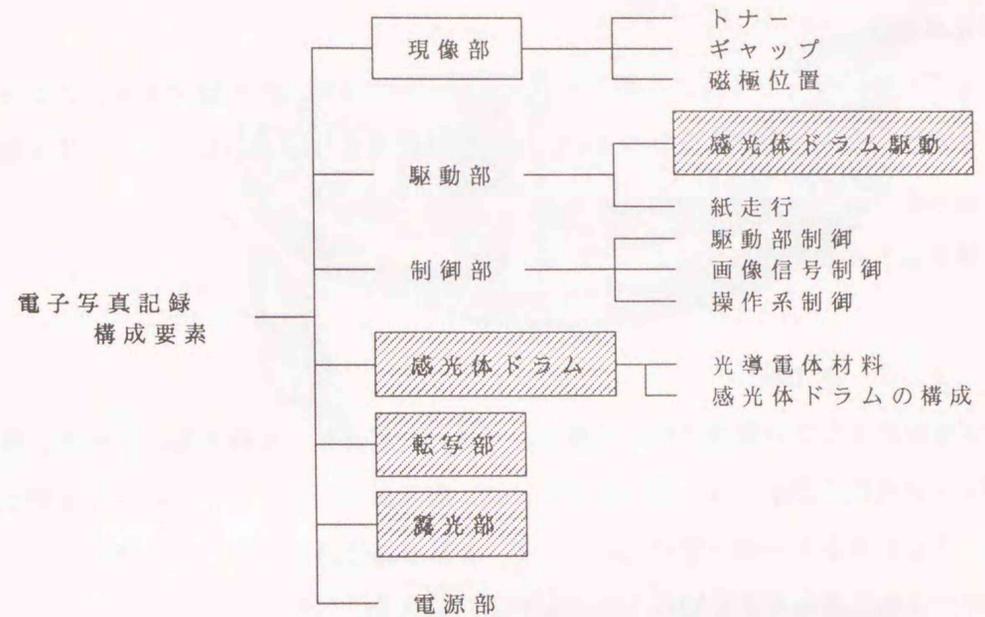


図6-2 電子写真記録構成要素

は、従来の技術と共通技術である。以下に、光誘起型電子写真記録の検討項目について述べる。

6. 2. 1 感光体ドラムの検討

光誘起型電子写真記録法では、ドラムの内部から光照射しなければならない。そのために検討した結果を以下に示す。

(a) ドラム

透明のドラムを用いる必要があり、光導電層の蒸着時の温度に耐えられること、有機溶剤を用いた洗浄に耐えられること、強度として回転駆動に耐えられること等の条件が必要である。これを満足するものとして、パイレックスのガラスドラムを使用した。

(b) 透明電極

ドラムに均一に電極膜ができること、透明度が高いこと、導電性が優れること等の条件を満たすものとして、インジウム・タン・オキサイド (ITO) を選択した。

(c)光導電層

電子写真記録として特性を満たすこと(2-1節参照)、安価であることから、アモルファスセレン(Se)を選択した。光感度を上げるために、Se-Te層(増感層)とSe層の2層構造とした。

感光体ドラムの写真を図6-3に示す。

6. 2. 2 露光器

プリンタとしての像露光用の光源としては、LEDアレイ露光器、レーザ、液晶シャッタ式露光器がある。本記録方式では、露光器がガラスドラムに入る必要性から、3者の中から一番小型なものとして、LED露光器を使用した。使用したLEDアレイ露光器の写真を図6-4に示す。

6. 2. 3 ドラム駆動系

本記録方式では、ドラム内にLEDヘッドを挿入した状態でドラムを回転させるため、図6-5に示すように3か所に駆動ゴムが付いたローラで回転および支持を行う。

また、現像ギャップの精度は約0.1mm(図5-12, 5-13より)以下が必要であり、この値が感光体ドラムとの間隔の精度となる。ガラスドラムの精度は、真円度として約0.4mm以上とすることは不可能であり(但し、磨けば精度を出すことが可能であるが、非常に高価となり量産には不向きである。)。それを解決するために、図6-5に示すように現像器の回転軸の両端にスペーサの役目する硬質ローラを用いることで解消した。

6. 2. 4 転写部

感光体ドラム上のトナー像を記録紙に移すための転写方式としては、コロナ転写法とローラ転写法がある。従来の電子写真記録では、感光体の帯電に高電圧(数千KV)を必要とするコロナ荷電法を用いるので、転写の場合も同じ機構のコロナ転

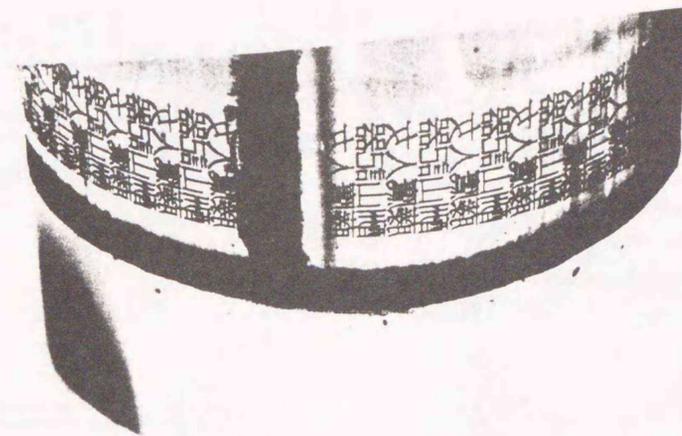


図6-3 使用した感光体ドラム

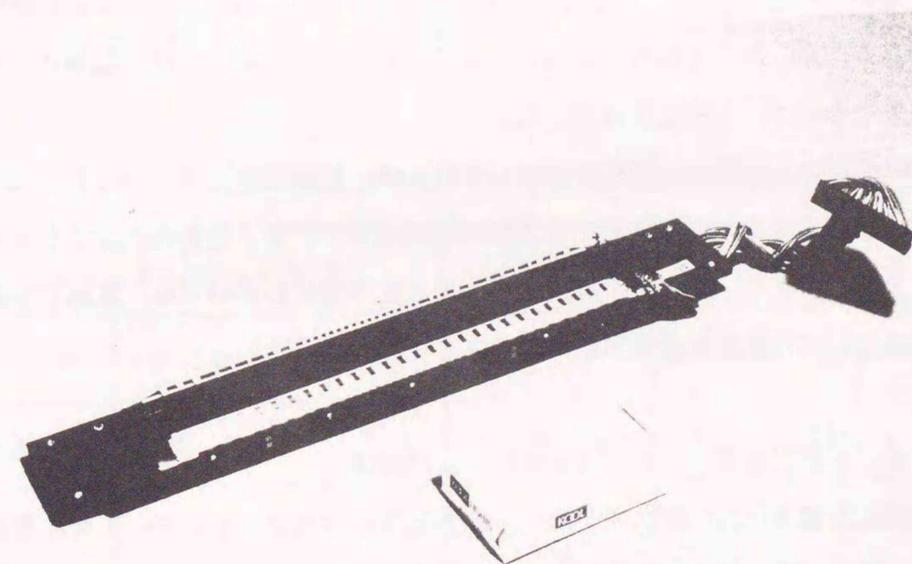


図6-4 使用したLEDアレイ露光器

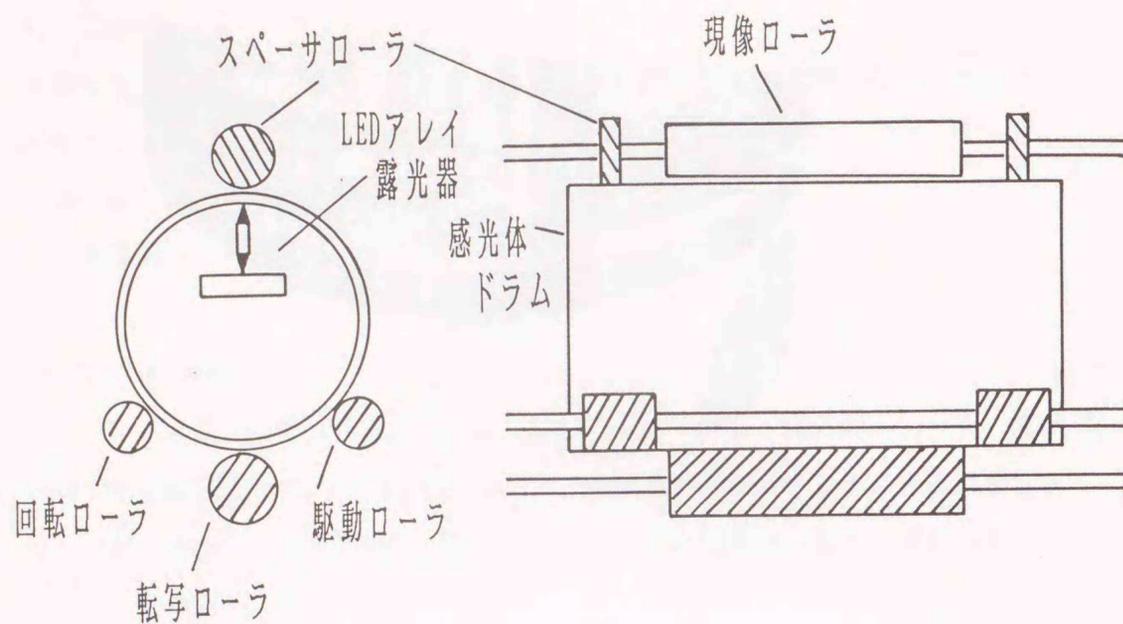


図6-5 ドラム駆動機構図

写を用いている。しかし、光誘起型電子写真記録では、現像バイアスは約200V~300Vであるため、コロナ転写法を用いる必然性はない。本試作では、低電圧でトナーを転写できるローラ転写を採用した。

転写電圧と記録濃度の関係を図6-6に示す。転写電圧を高くするにつれて、転写濃度が高くなる。400Vではほぼ飽和値に達していることから、400Vを転写電圧とした。また、記録紙の抵抗が高いほど転写濃度が高いため、本試作装置では記録紙として高抵抗用紙を用いることにした。

6.3 光誘起型電子写真記録の試作および評価

光誘起型電子写真記録方式を用いた試作装置の主要諸元を表6-1に、装置外観写真を図6-7に示す。さらに、この装置で記録した記録画を図6-8に示す。

表6-1の主要諸元に基づき、本試作装置の評価を行う。

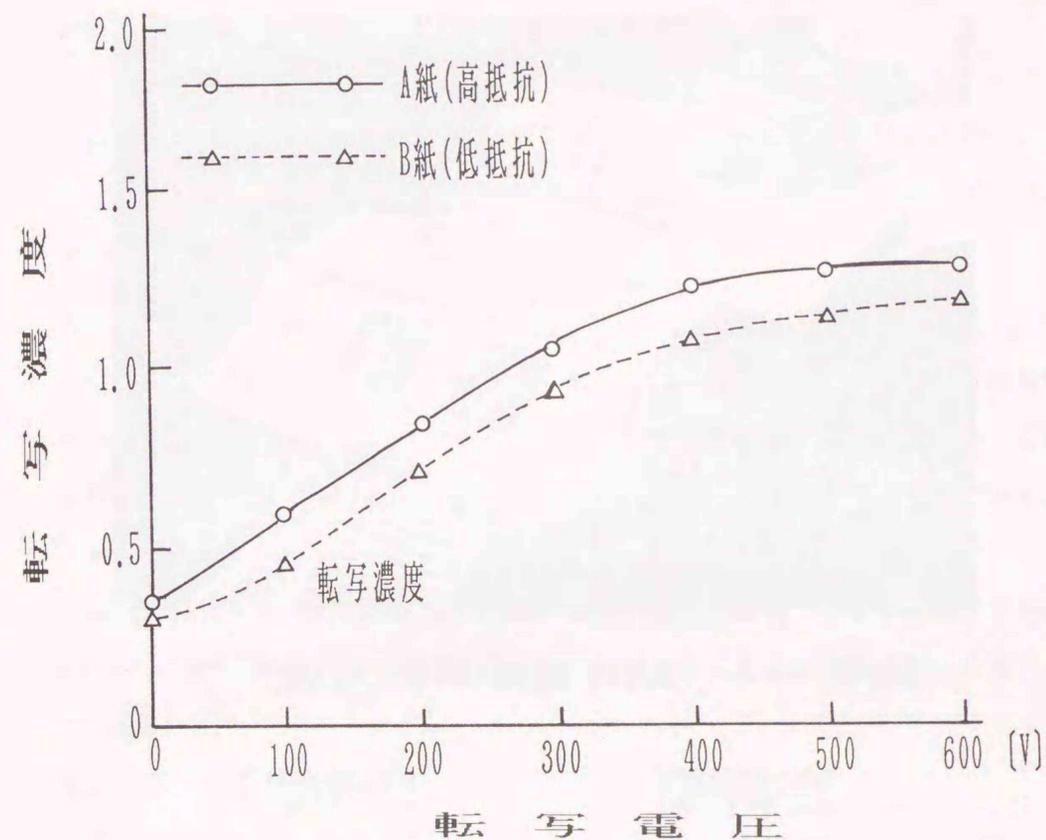


図6-6 転写電圧と転写濃度

表6-1 光誘起型電子写真記録の主要諸元

型 式	卓上型ページプリンタ	印 字 方 式	光誘起型電子写真
印 字 速 度	6枚/分 (A4サイズ)	印 字 部	LEDアレイ露光器
ウ ェ イ ト 時 間	30秒	解 像 度	240dots/inch
感 光 体	アモルファス・セレン	用 紙 サ イ ズ	A4カット紙
定 着 方 式	熱ローラ方式	大 き さ	高さ 25cm×奥行 28cm 幅 38cm、容積数 27冊



図6-7 試作装置外観写真

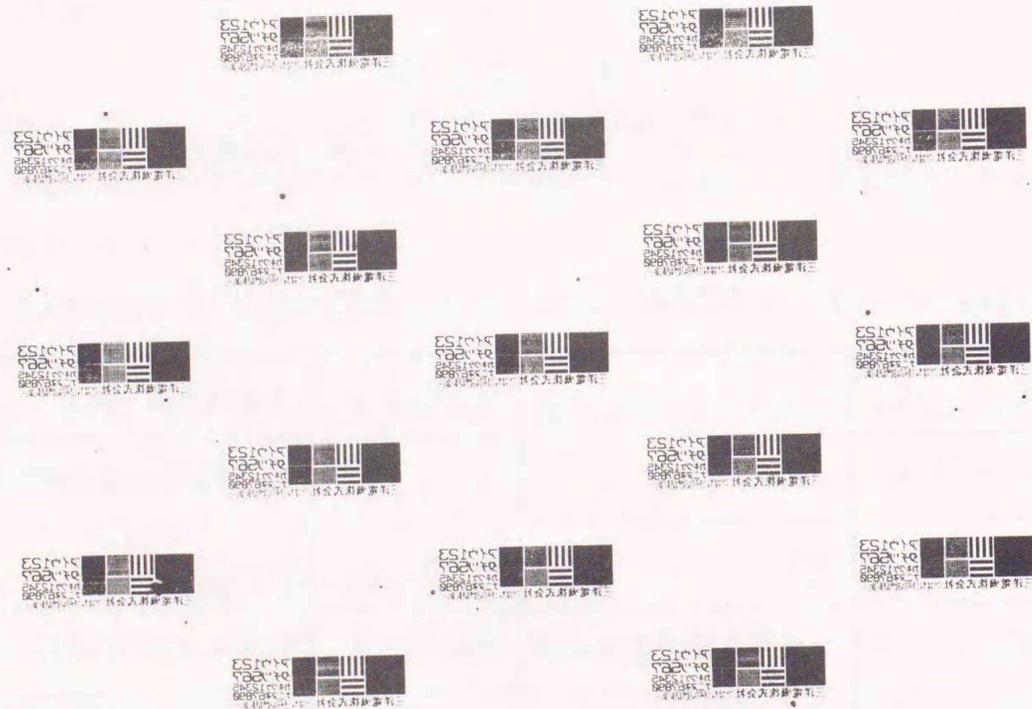


図6-8 記録画

(1)印字速度

本装置の印字速度6枚/分は、従来型の電子写真式プリンタに比べて約半分の印字速度である。しかし、記録速度は図6-1から分かるように容積に比例して速くなるので、本装置の容積に対しての記録速度は現状の電子写真式プリンタと比べて同等以上である。

(2)ウエイト時間

ウエイト時間は、プリンタの電源をいれてから使用可能状態になるまでの時間を言う。この時間は、主にトナーを記録紙に定着するために使用する熱ローラを温める時間である。この時間に関しては、従来の電子写真式プリンタと同等である。

(3)解像度

表示解像度としての240dots/inchは、従来の電子写真式プリンタと同等である。400dots/inchのLEDアレイ露光器を用いれば、さらに表示解像度を上げることができる。

(4)大きさ

本試作装置では、従来の電子写真式プリンタに比べて容積を約1/3に程度にすることができた。光誘起型電子写真記録の記録プロセス簡略化の特長を十分に発揮している。

6.4 今後の課題

本試作装置では、転写時における記録濃度は必要最低限度と言われている反射濃度1.0を達成したが、まだ、十分とは言えない。その原因としては、現像時の感光体ドラム上での濃度は十分であるが、記録紙の転写する時のトナーの転写効率が十分でないことによる。また、図6-6のデータから分かるように記録紙の抵抗に記録濃度が依存することを解決する必要がある。さらに、導電性トナーを使用することで転写時に解像度の劣化が生じる。この理由としては、平行電極板に導電性トナーを挿入した後、直流電圧を印加するだけで電極間をトナーが往復する報告からも類推できる^{(6-1)・(6-2)}。いずれも転写方法の改良が望まれる。

記録速度では、30枚/分（中速型の複写機の記録速度）を達成すれば個人使用プリンタとしては十分であるが、それを達成するためには光導電層の感度の向上、ドラムの精度を1桁上げること等の問題を解決する必要がある。

6.5 まとめ

光誘起型電子写真記録法を応用した電子写真式プリンタの設計条件を整理検討し、それに基づいて、LEDアレイ露光器を用いた記録速度2.5cm/secの卓上型プリンタの具体的設計について述べた。

第7章 結論

本研究は、本論文で提案する粒子摩擦荷電を用いたときの感光体の帯電現象を説明すること、および粒子摩擦荷電法の応用として従来の電子写真記録の記録プロセスを簡略化した記録方法を提案するとともに、その装置化について述べた。本論文を各章ごとに要約すると以下のようになる。

第1章は、出力端末に用いられる各種記録方式と電子写真記録との比較検討、電子写真記録の歴史、本研究の動機・目的・意義が明らかにされている。最後に、本論文の構成を示した。

第2章は、カールソン方式の電子写真プロセスについて説明し、記録プロセスの必要条件である荷電技術と現像技術、および電子写真プロセスを簡略化する技術について述べた。

第3章は、粒子摩擦帯電法を提案し、その粒子摩擦帯電法の原理を述べ、アモルファスセレンおよび絶縁フィルムを用いた荷電実験を行い、以下の結果を得た。

(1)粒子摩擦荷電法を用いた荷電で、アモルファスセレンに対して荷電電圧300Vまでの範囲ではほぼ80%以上の表面電位を得ることができた。さらに、粒子摩擦荷電法の荷電効率が5%程度であり、感光体内部へ激しく電荷注入が行われながら帯電することが分かった。

(2)荷電時間の増加にともない表面電位減衰が小さくなることから、表面電位となっている電荷のトラップの深さが荷電時間によって変化することが考えられ、コロナ荷電とは異なった結果を得た。また、アモルファスセレンに対して表面電位となる電荷のトラップの深さは、0.82eV~0.924eVの範囲であることを推定した。

(3)絶縁性フィルムに対しての粒子摩擦荷電で、荷電効率が90%以上あり、アモルファスセレンの場合と異なり、電荷注入はほとんど行われていない。一方、荷電と同

様に除電も同様に行えることを確認した。

(4)有機感光体ドラムを用いて粒子摩擦荷電を行った場合に、スリーブ回転にともない摩擦による電荷注入が促進されることを確認した。

第4章は、粒子摩擦荷電法の応用として、電子写真記録のプロセスを簡略化した光誘起型電子写真記録を提案およびその記録原理について解析し、以下のことが明らかになった。

- (1)荷電・露光・現像・クリーニングをほぼ1プロセスで行い、転写と含めて2つのプロセスで行う記録方式を提案した。
- (2)光誘起型電子写真記録の記録原理は、電圧の印加された導電性トナー層が感光体表面を接触摩擦することで感光体が帯電し、トナー層と感光体が離れる寸前で像露光することで電位の低くなった領域にトナー像が形成される。
- (3)光誘起型電子写真記録法のトナー像形成機構は、主に電気力と磁気力で支配されることを明らかにした。
- (4)トナーが付着し始める電位（実験データ）から求めた電気力と計算で求めた電気力の値は、ほぼオーダ的に合うことを確認した。

第5章は、光誘起型電子写真記録の伴う各記録パラメータに対して、記録特性について以下のことが明らかになった。

- (1)特定の磁極位置で、地かぶりが生じずに、高濃度で記録ができることが確認された。
- (2)スリーブ周速 v_1 と記録速度 v_2 との関係で、 $v_1 / v_2 = 4$ 以上のとき、高品質の画像を得ることができた。
- (3)ドクタ間隔 d_1 と現像間隔 d_2 の関係で、 $d_2 = d_1 + 0.1 \text{ mm}$ のとき、高品質の画像を得ることができた。
- (4)本記録方法は、トナーの粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下のものを使用すれば記録可能である。さらに、記録紙は、高抵抗のものほど、転写特性に優れる。

第6章は、光誘起型電子写真記録法を応用した電子写真式プリンタの設計条件を整理検討し、それに基づいて、LEDアレイ露光器を用いた記録速度 2.5 cm/sec の卓上型プリンタの具体的設計について述べた。

以上本論文の流れを要約したが、今後の電子写真式プリンタはより小型化・高品質化・高速化が進むことが予測され、その技術的主流は電子写真記録プロセスの簡略化で行われる。本論文で述べた技術は、プロセス簡略化の基礎となるべき事柄である。

以下に本研究全体として得られた主たる結論を簡単に列記する。

- (1)粒子摩擦荷電法を提案し、その荷電特性の基礎検討および荷電原理の解明を行った。
- (2)電子写真式プリンタとして小型化可能な光誘起型電子写真記録を提案し、その記録原理の解明および記録特性基礎検討を行った。
- (3)光誘起型電子写真記録を用いたプリンタ装置を試作検討した。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、懇切なる御指導と御鞭撻を賜りました北海道大学工学部長谷川英機教授、田頭博昭教授、本間利久教授、武笠幸一教授に深く感謝致します。

また、本研究をまとめるにあたり、直接御指導、御鞭撻を賜りましたNTT ヒューマンインタフェース研究所画像メディア研究部星野坦之グループリーダーに深く感謝致します。さらに、本研究をまとめるにあたり御援助、御鞭撻を賜りましたNTT ヒューマンインタフェース研究所釜江尚彦所長、NTT ヒューマンインタフェース研究所画像メディア研究部安田浩部長に深く感謝致します。

また、本研究の途上において種々の御討論および御協力を頂いた、NTT 通信網総合研究所通信網企画推進研究部越智宏主幹研究員、NTT 企業通信システム事業本部開発部小宮一三主幹技師、NTT 通信機器事業部システム開発室松木真主幹技師および小沢勝主任技師に深く感謝します。

付録

<電荷量の測定>

半径 r の導体球が接地された無限導体板から d の距離にあるとき、導体球の電荷量を求める。

球の中心 S (付図1) に $q_1 = 4\pi\epsilon_0 aV$ なる点電荷を考えると、導体板面 TT' は電位0でなくなるから、点 S の TT' に関する影像点に $q_1' = -q_1$ なる点電荷を置く。すると、 q_1' により導体球は等電位 V でなくなるから、 q_1' の球 S に関する影像点に、

$$q_2 = -\frac{a}{2b} \times q_1' = \frac{a}{2b} \times q_1$$

$$\text{但し、} \quad b = d + r$$

なる点電荷を置く。そうすると、こんどは、 q_2 により TT' は電位0でなくなるから、 q_2 の TT' に関する影像点を考えなければならない。以下同様にして、

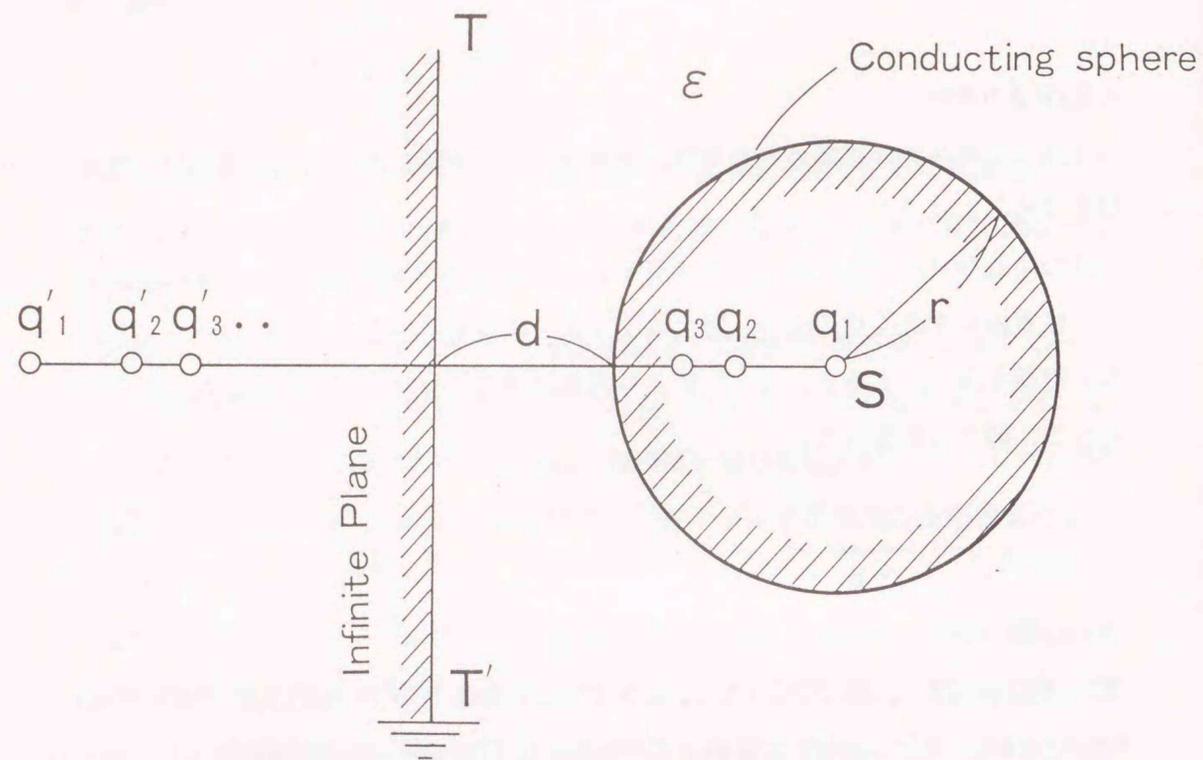
$Q = \sum_{i=1}^{\infty} q_i$ が導体球 S を電位 V にするために与えられるべき電荷量となる。

$$q_2 = \frac{a}{b} \times q_1 = k q_1, \quad \text{点電荷 } q_2 \text{ の位置は、点 } S \text{ より } R_2 = \frac{a^2}{b}$$

$$q_3 = \frac{a}{b - \frac{a^2}{b}} \quad q_2 = \frac{k}{1 - k^2} q_1, \quad R_3 = \frac{a^2}{b - \frac{a^2}{b}}$$

$$q_4 = \frac{a}{b - \frac{a^2}{b - \frac{a^2}{b}}} = \frac{k^3}{1 - 2k^2}, \quad R_4 = \frac{a^2}{b - \frac{a^2}{b - \frac{a^2}{b}}}$$

$$q_5 = \frac{k^4}{1 - 3k^2 + k^4}, \quad q_6 = \frac{k^5}{1 - 4k^2 + 3k^4}$$



付図 1 導体球の電荷量を求める概略図

参考文献

第1章

- (1-1) 日経エレクトロニクス NEレポート 1988. 10.17(No.458), pp.108-109
- (1-2) 日経バイト "デスクトップ・パブリッシングの最前線を探る", 1987. 12月号 pp.110-123
- (1-3) 日経パソコン "新市場を切り拓くデスクトップ・パブリッシング", 1987. 10月12日号, pp.286-313
- (1-4) 星野, 面谷, "イオンモジュレーション記録技術", 電子写真学会誌, 26(3), 47, 1987, pp.261-164
- (1-5) 森下, 淵上, "記録紙の現状と動向", 電子写真学会誌, 25, 63, 1986
- (1-6) 田口, "感熱転写記録材料", 電子写真学会誌, 24, 370, 1985
- (1-7) 家村, 齊藤: 写真工業別冊イメージング(1), 188, 1988
- (1-8) 一之瀬, "スリットジェット記録方式におけるインク噴出過程の検討", 画像電子学会, Vol.18, No.3, pp.143-149 (1989)

第2章

- (2-1) 高橋, "電子写真技術とその周辺の動向", 静電気学会誌, 9, 4(1985) pp.214-222
- (2-2) The 42th Annual Conference of the Society of Photographic Scientists and Engineers, USA, 1989
- (2-3) The 5rd Int. Congress on Advance in Non-impact Printing Technologies SPSE, pp.19-22, USA, 1989
- (2-4) 増田閃一編集, "静電気ハンドブック" (オーム社, 東京, 1981)
- (2-5) 堀江, 木村, 中島, 高橋, "トナー像の高速転写", 電子通信学会論文誌, '77/6, Vol.J60-C No.6, pp.335-342
- (2-6) R.M.Shaffert, "Electrophotography" (Focal, London, 1975), pp.285

- (2-7) 鉄谷, " コロナ帯電器を用いない接触型帯電器", 電子写真学会誌, 第27巻
第4号, pp.573-577, 1988
- (2-8) V.E.Straughan and E.F.Mayer, "High speed printing of Cathode-ray
tube information by electrostatic photography techniques", Proc. Nat
Electronics Conf., 13, pp.959-968, 1958
- (2-9) 和納, 木村, 相田, 中島, " 導電性ブラシ帯電の帯電機構", 電子写真学会
第58回研究会, pp.35-39, 1986
- (2-10) F.Nakagawa, S.Itoh, M.Otuki, K.Itoh, K.Tsuji, "Contact charging with
conductive brush for electrophotographic printer", The 3rd Int.
Congress on Advance in Non-impact Printing Technologies, SPSE,
pp.19-22, 1986
- (2-11) 武木田, " 帯電器", 特開昭 55-29837
- (2-12) 望月, 黒鳥, " 湿式複写機の変遷と動向", 電子写真学会誌, 第26巻, 第3
号, pp.270-276, 1987
- (2-13) 長谷部, " 電子写真現像方式と高画質技術", 静電気学会誌, 9, 4(1985)
pp.223-228
- (2-14) 中島, 木村, 堀江, 高橋, " 二成分磁気ブラシ現像の解析", 電子写真学会
誌, 第19巻, 第2号, pp.10-17, 1981
- (2-15) 田代, 中島, " 磁気ブラシ現像におけるキャリア付着の検討", 電子写真学
会誌, 第21巻, 第1号, pp.14-19, 1982
- (2-16) 竹内, 江口, 落合, 飯村, " フェライトキャリアの組成と帯電能力", The
Annual Conference of Japan Hardcopy for the Society of Electrophoto-
graphy of Japan, EP-4, pp.13-16, 1989
- (2-17) 高橋, 細野, 神辺, 豊野, " ジャンピング現像方式の現像機構", 電子写真
学会誌, 第20巻, 第1号, p.8-17, 1981
- (2-18) 大室, " 絶縁性磁性トナーによる1成分系現像の機構", 電子写真学会誌,
第22巻, 第3号, pp.198-208, 1984

- (2-19) 大淵, 堀江, " 電子写真技術の現状と将来", 静電気学会誌, 7, 4(1983)
pp.216-224
- (2-20) 北村, 足立, 栗山, " 導電性磁気トナーの現像機構", 電子写真学会, 第40
回研究討論会, pp.18-26, 1979
- (2-21) 大室, " 導電性トナー現像", 電子写真学会誌, 第26巻, 第3号, pp.78-84
1987
- (2-22) 鉄谷, 面谷 " 可能性を秘めたプリンタの新記録技術", 映像情報インダス
トリアル 10月号 1988 pp.41-47 (解説)
- (2-23) M.Kimura, S.Sasaki and J.Makajima, "A new electrophotographic process
that does not use corona charging", 4th International Congress on
Advances in Non-Impact Printing Technologies, pp.193-196, Mar, 1988
- (2-24) MURRAY H, SONNENBERG H, J. Appl. Photo. Eng. Vol.8, No.6, pp.256-260
1982
- (2-25) Xerox Disclosure Journal Vol.8, Number 3 May/June 1983
- (2-26) 田村, 金子, 小口, 塚田, 岸, 高橋, " 電子写真ディスプレイ", 信学技報
Vol.83, No.198, IE83-77, 1983

第3章

- (3-1) 細川, " 電子写真技術におけるコロナ放電現象", 電子写真学会誌, 第27巻
第4号, pp.561-572, 1988
- (3-2) 電子写真学会, " 電子写真写真技術の基礎と応用", (コロナ社, 1988),
pp.51
- (3-3) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "Photoreceptor charging mechanism by
conductive particle rubbing and application to a novel
electrophotographic printing technology," J. Appl. Phys. 63(11),
1 June 1988 pp.5589-5593
- (3-4) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "Photoreceptor charging mechanism by

conductive particle rubbing and application to a novel electrophotographic printing technology" Japan Hardcopy '88, The 30th Anniversary Conference of The Society of Electrophotography of Japan, May 16-18, 1988 Tokyo, pp.35-38

- (3-5) 鉄谷, 星野, "粒子摩擦による帯電現象", 応物学会誌, 第58巻, 第3号 pp.415-419, 1989
- (3-6) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "New photoreceptor charging method by rubbing with magnetic conductive particles," J. Appl. Phys.62(7), 1 October pp.2665-2668, 1987
- (3-7) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "New photoreceptor charging method by rubbing with magnetic conductive particles," SPSE's 40th Annual Conference, May 17-22, 1987 Rochester, New York, pp.274
- (3-8) 河野, "トライボロジーの新しい展開", 日本物理学会誌, Vol.43, No.8, pp.579-585, 1988
- (3-9) 北村, "電子写真感光体", 静電気学会誌, 9, 4(1985) pp.229-237
- (3-10) 鉄谷, 星野, "導電性粒子摩擦による a-Se の帯電", 第47回応物秋季, 29a-ZK-8, 1986
- (3-11) Knoll, M., Ollendorff, F. and Rompe, R., "Gasentladung-stabellen", pp.84, Springer-Verlag OHG, Berlin, 1935
- (3-12) 木村, 和納, 中島, "静電記録における放電開始電圧", 電子通信学会論文誌, '83/11, Vol.J66-C No.11, pp.805-812
- (3-13) 家田, 沢, 篠原, "高分子表面電荷の減衰過程", 電気学会誌, 88, 1968, pp.1107-1113
- (3-14) 安達, 柴田, "表面電位減衰法による移動度の評価について", 電気学会, 絶縁材料研究資料, EIM-76-7, pp.1-10, 1976
- (3-15) M.Abkowitz and R.C.Enck, "Xerographic spectroscopy of gap state in amorphous semiconductors", Phys. Rev. B25, pp.2567, 1982

- (3-16) R.M.シャファート, "電子写真" (共立出版社, 1973), pp.189
- (3-17) 星野, 鉄谷, "アモルファス・セレン蒸着膜の粒子摩擦荷電とコロナ荷電の比較", 第48回応物秋季, 20a-D-7 pp.91 1987
- (3-18) McCurry, R.E and Schaffert, R.M, IBM Journal of R/D4, pp.359-363, 1960
- (3-19) Merlin Scharfe, "Electrophotography Principles and Optimization", (Research Studies, Letchworth, 1984), pp.106
- (3-20) R.M.シャファート, "電子写真" (共立出版社, 1973), pp.183
- (3-21) Y.Hoshino and H.Miyata, "Thermally Stimulated Currents in Amorphous Selenium: Relationship to trapping levels and the noncrystalline and state", J. Appl. Phys. 52 (1981) pp.6214
- (3-22) R.A.Fotland, "Some Electrical Properties of Amorphous Selenium Film" J. Appl. Phys. 31 pp.1558, 1960
- (3-23) J.L.Hartke, "Drift Mobilities of Electrons and Holes and Space-charge-limited Currents in Amorphous Selenium Film", Phys. Rev. 125 pp.1177, 1962
- (3-24) R.M.シャファート, "電子写真" (共立出版社, 1973), pp.190
- (3-25) 鉄谷, 星野, "導電性粒子摩擦による絶縁フィルムへの帯電", 第48回応物秋季, 20a-D-6 pp.91 1987
- (3-26) 梶田, 近藤, "ドラムOPC感光体の特徴と展望", 電子写真学会誌, 第25巻, 第3号, pp.310-315, 1986
- (3-27) 日経ニューマテリアル, 1986年12月15日号, No.20, pp.83-98
- (3-28) 星野, 鉄谷, "導電性粒子と有機感光体との電氣的接触性", 第49回応物秋季, 7p-F-7 pp.59 1988

第4章

- (4-1) 鉄谷, 越智, "コロナ帯電を用いない電子写真法", 信学全国大会, 1305, pp.5-133 1985

- (4-2) 鉄谷, " コロナ帯電を用いない電子写真記録 " 画像電子学会誌 Vol.16, No5, October 1987 pp.306-312
- (4-3) N.Tetsutani, Y.Hoshino and M.Ozawa, "Novel electrophotographic printing technology with magnetic conductive toner" Journal of Image Technology, Vol.16 Number 1 (Feb) 1990
- (4-4) G.Harpavat, "Magnetostatic forces on a chain of spherical heads in a nonuniform magnetic field", IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-10 pp.919-922 1974
- (4-5) J.Alward, W.Imaino, "Magnetic Forces on Monocomponent Toner", IEEE Trans. Magn., Vol. No.2, pp.128-134 1986

第6章

- (6-1) 鉄谷, 星野, " 電界による導電性トナーの飛翔特性の検討", 第49回応物秋季, 7p-F-8 pp.59 1988
- (6-2) 小沢, 鉄谷, 星野, " 定速上昇電界による一成分系トナーの飛翔物性", 第50回応物秋季, 27p-X-2, pp.52 1989

研究発表リスト

A. 本論文に関連した論文ならびに講演発表等

A-1 学会論文

- (1) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "New photoreceptor charging method by rubbing with magnetic conductive particles," J. Appl. Phys.62(7), 1 October pp.2665-2668 1987
- (2) 鉄谷, " コロナ帯電を用いない電子写真記録 " 画像電子学会誌 Vol.16, No5 pp.306-312 October 1987
- (3) 鉄谷, " コロナ帯電器を用いない接触型帯電技術", 電子写真学会誌 第27巻 第4号 pp.573-577 1988 (解説)
- (4) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "Photoreceptor charging mechanism by conductive particle rubbing and application to a novel electrophotographic printing technology," J. Appl. Phys. 63(11), pp.5589-5593 1 June 1988
- (5) 鉄谷, 面谷 " 可能性を秘めたプリンタの新記録技術", 映像情報インダストリアル 10月号 pp.41-47 1988 (解説)
- (6) 鉄谷, 星野, " 粒子摩擦による帯電現象", 応物学会誌, 第58巻, 第3号 pp.415-419 1989 (解説)
- (7) N.Tetsutani, Y.Hoshino and M.Ozawa, "Novel electrophotographic printing technology with magnetic conductive toner" Journal of Image Technology, Vol.16 Number 1 (Feb) pp.1-6 1990

A-2 国際会議発表

- (1) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "New photoreceptor charging method by rubbing with magnetic conductive particles," SPSE's 40th Annual Conference, May 17-22, 1987 Rochester, New York pp.274

- (2) N.Tetsutani and Y.Hoshino, "Photoreceptor charging mechanism by conductive particle rubbing and application to a novel electrophotographic printing technology" Japan Hardcopy '88, The 30th Anniversary Conference of The Society of Electrophotography of Japan, May 16-18, 1988 Tokyo, pp.35-38
- (3) M.Ozawa, T.Kagiya, N.Tetsutani and Y.Hoshino, "Compact-sized Electrophotographic Printing Mechanism by Nobel Process", SPSE, Non-Impact Symposium, 1990 October

A-3 国内大会発表

- (1) 鉄谷, 越智, "コロナ帯電を用いない電子写真法", 信学全国大会, 1305, pp.5-133 1985
- (2) 鉄谷, 星野, "導電性粒子摩擦による a-Se の帯電", 第47回応物秋季, 29a-ZK-8 1986
- (3) 鉄谷, 星野, "導電性粒子摩擦による a-Se の帯電(II)", 第34回応物春季, 29p-ZN-12 1987
- (4) 鉄谷, 星野, "導電性粒子摩擦による絶縁フィルムの帯電", 第48回応物秋季, 20a-D-6 pp.91 1987
- (5) 星野, 鉄谷, "アモルファス・セレン蒸着膜の粒子摩擦荷電とコロナ荷電の比較", 第48回応物秋季, 20a-D-7 pp.91 1987
- (6) 小沢, 鍵谷, 鉄谷, "導電性トナーを用いた電子写真記録の転写特性", 信学春季全国大会, D-146 pp.2-138 1988
- (7) 鉄谷, 星野, "導電性粒子摩擦荷電法における粒子付着性の検討", 第35回応物春季, 28p-B-5 pp.42 1988
- (8) 鉄谷, 星野, "電界による導電性トナーの飛翔特性の検討", 第49回応物秋季, 7p-F-8 pp.59 1988
- (9) 星野, 鉄谷, "導電性粒子と有機感光体との電気的接触性", 第49回応物秋季, 7p-F-7 pp.59 1988

- (10) 小沢, 鉄谷, 星野, "定速上昇電界による一成分系トナーの飛翔物性" 第50回応物秋季, 27p-X-2, pp.52 1989
- (11) 小沢, 鉄谷, 星野, "一成分系トナーの電界による飛翔特性" 第51回応物秋季, 27p-MD-12, pp.66 1990

A-4 研究会発表

- (1) 小沢, 鍵谷, 鉄谷, "薄形電子写真プリンタ", 信学技報, IE88-26, pp.41-44 1988

A-5 特許

(特許出願)

- (1) "記録方法および装置" 特願昭58-197629 昭和58年9月14日
- (2) "画像記録方法" 特願昭61-132634 昭和61年3月17日
- その他12件出願

B. その他の論文ならびに講演発表

B-1 学会論文等

- (1) 鉄谷, 越智, "2値画像と濃淡画像の混在する原稿の2値化処理法", 電子通信学会 論文誌, 84/7 Vol.J67-B No.7 pp.781-788 1984
- (2) H.Ochi, N.Tetsutani, "A new halftone reproduction and transmission method using standard black and white facsimile code", IEEE Transaction on Communications, Vol.COM-35, No.4, April pp.466-470 1987
- (3) 一之瀬, 鉄谷, 志和, 田中, 石橋, "投影形頭部追跡立体画像表示技術の検討" テレビジョン学会誌, Vol.44, No.8, pp.1027-1033 1990
- (4) 一之瀬, 鉄谷, 石橋, "直視形頭部追跡立体画像表示技術の検討" 電子情報通信学会論文誌, C-II Vol.J73-C-II No.3, pp.218-225 1990

- (5) S.Ichinose, N.Tetsutani and M.Ishibashi, "FULL-COLOR STEREO SCOPIC VIDEO PICKUP AND DISPLAY TECHNIQUE WITHOUT SPECIAL GLASSES", Proceeding of the SID, Vol.30/4, pp.319-323 1989

B-2 国際会議発表

- (1) H.Ochi, K.Tateishi and N.Tetsutani, "Super high-speed high-definition facsimile equipment" GLOBECOM'83, November 28-December 1, 1983 San Diego pp.1240-1244
- (2) S.Ichinose, N.Tetsutani and M.Ishibashi, "Full-color stereoscopic video pickup and display technique without special glasses" SID'89 International symposium, May 16-18, 1989 Baltimore USA, pp188-191
- (3) N.Tetsutani, S.Ichinise and M.Ishibashi, "3D-TV projection display system with head tracking", Third International Workshop on HDTV, Aug 30-Sep 1, 1989 Torino Italy, Vol.1
- (4) N.Tetsutani, S.Ichinise and M.Ishibashi, "3D-TV projection display with head tracking", The 9th International Display Research Conference, Oct 16-18 1989 Kyoto Japan, pp.56-59
- (5) K.Gomi, Y.Nishino, K.Tai, M.Yasuda, N.Tetsutani, "Stereoscopic video transmission and presentation system for ISDN", International conference on consumer electronics, Chicago, USA, June 6-8 Vol.36, No.3, pp.759-766 1990

B-3 国内大会発表

- (1) 鉄谷, 越智, "ブロック別像域分離法による疑似中間調再現の検討", 画像電子学会 第10回全国大会, 17, 1982
- (2) 越智, 山本, 鉄谷, "衛生回線を使用する超高速ファクシミリ端末制御方式" 信学全国大会, 1983

- (3) 越智, 山本, 鉄谷, "超高速ファクシミリの検討", 画像電子学会, 第11回全国大会 6, 1983
- (4) 鉄谷, 越智, "高精細ファクシミリにおける疑似中間調再現", 画像電子学会, 第11回全国大会 29, 1983
- (5) 越智, 山本, 鉄谷, "高帯域網を使用する高速高精細ファクシミリの構成法", 画像電子学会, 第12回全国大会, 1984
- (6) 一之瀬, 鉄谷, 石橋, "メガネを使用しないフルカラー立体表示の基礎検討", 第49回応物秋季, 6p-P-7 pp.745 1988
- (7) 一之瀬, 鉄谷, 石橋, "頭部追跡型立体画像表示技術の検討" 信学会春季全国大会 SD-3-17, pp.7-357, 1989
- (8) 鉄谷, 一之瀬, 石橋, 濱崎, "液晶ディスプレイを用いた2眼式立体表示の視域の検討" 信学会春季全国大会, D-274, pp.7-256, 1989
- (9) 石橋, 鉄谷, 秋山, "頭部追跡型立体画像表示技術の検討(2)", 信学会春季全国大会 D-462, pp.7-214, 1990
- (10) 石橋, 鉄谷, 秋山, 鞠子, "背面投影型立体表示装置の一検討", 信学会秋季全国大会, D-320, pp.6-322 1990
- (11) 鉄谷, 石橋, 小松, 秋山, "高輝度・高解像度立体表示の一検討", 信学会秋季全国大会, D-318, pp.6-318 1990
- (12) 伴野, 永嶋, 岸野, 鉄谷, 石橋, "視点追跡を用いた高視域両眼立体視表示方法の一提案", 信学会秋季全国大会, SA-6-1, pp.1-234 1990

B-4 研究会発表

- (1) 鉄谷, 越智, "文字画像を考慮した疑似中間調再現の検討", 信学技報, IE81-57, 1981
- (2) 越智, 鉄谷, "中間調画面電送の一方式", 画像電子学会, 第70回研究会, 82-04-4, 1982
- (3) 鉄谷, 越智, "文字と写真が混在した原稿の高品質画像処理", 第6回情報理論とその応用研究会, 1983

- (4) 越智, 鉄谷, 茨木, "コントラストの実時間識別による文字写真混在原稿の2値化処理", 信学技報, IE86-57, pp.25 1986
- (5) 鉄谷, 一之瀬, "両眼視差を用いた立体テレビ電話とその視覚特性", 3D映像 Vol.4, No.1, pp.15-21, 1990/January
- (5) 鉄谷, "大画面立体表示", 3D映像, Vol.4, No.2, pp.36-39, 1990/April

B-5 その他の論文

- (1) 越智, 山本, 鉄谷, "超高速ファクシミリ装置" 電電公社 電気通信研究所 研究実用化報告 第33巻第11号 1984, pp.197-206
- (2) H.Ochi, T.Yamamoto and N.Tetsutani, "Super high-speed high-definition facsimile equipment" Review of the Electrical Communication Laboratories Vol.33, No.4 1985 pp.657-663

B-6 特許

(特許登録)

- (1) "中間調処理方法および回路" イギリス 2103449 昭和60年5月30日
 西ドイツ 3224319 昭和60年10月3日
 アメリカ 4547811 昭和60年10月15日
 フランス 8211292 昭和63年1月22日
- (2) "カラー再現法" 日本国特許第1386319 昭和62年6月26日

(特許出願)

- (1) "中間調処理方式" 特願昭56-102057 昭和58年9月14日
- (2) "立体表示装置" 特願平1-132864 平成元年5月29日
- (3) "立体表示装置" 特願平1-201238 平成元年8月4日

その他48件

