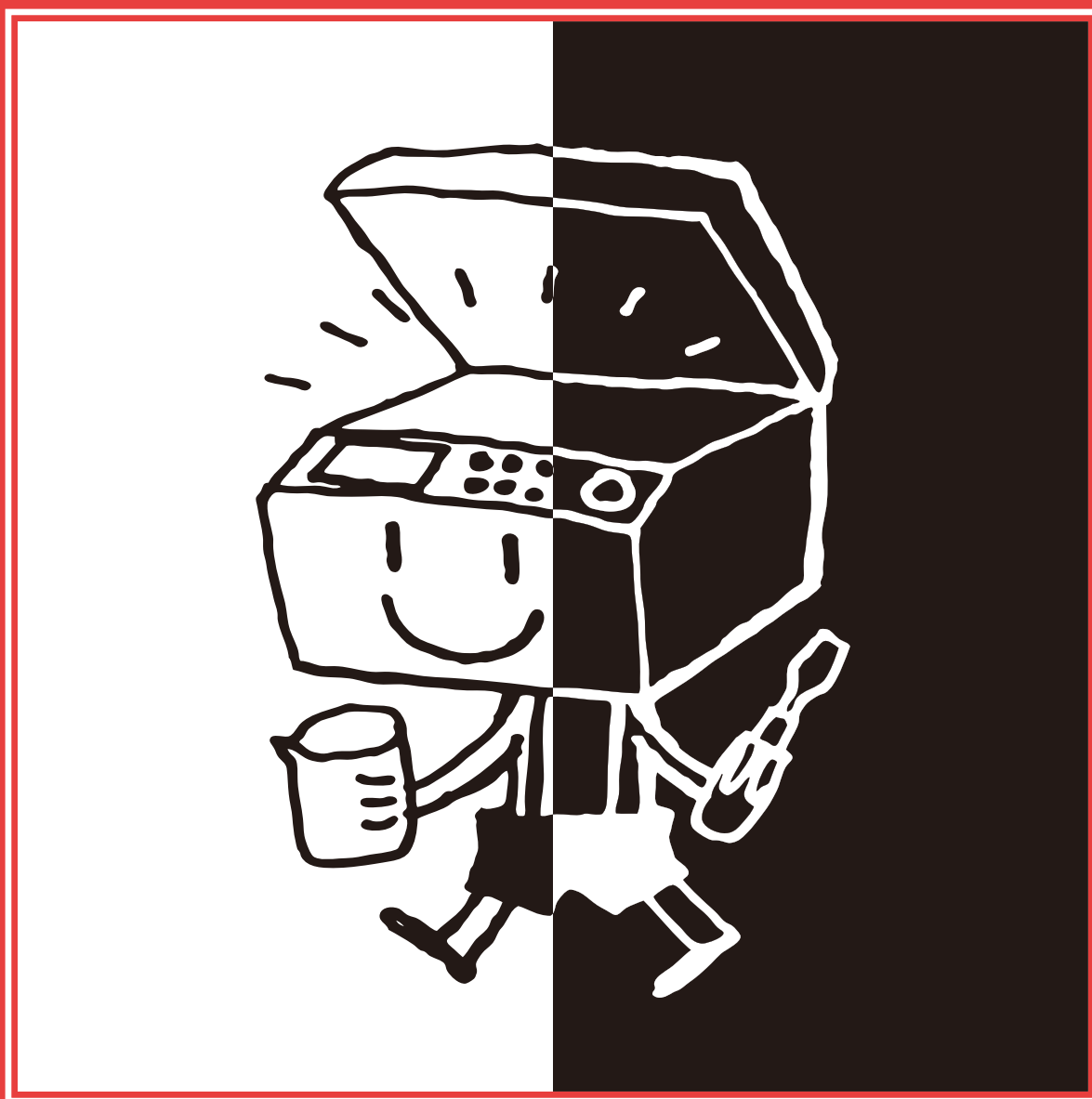


コピー機の不思議

大解剖!



RICOH SCIENCE CARAVAN

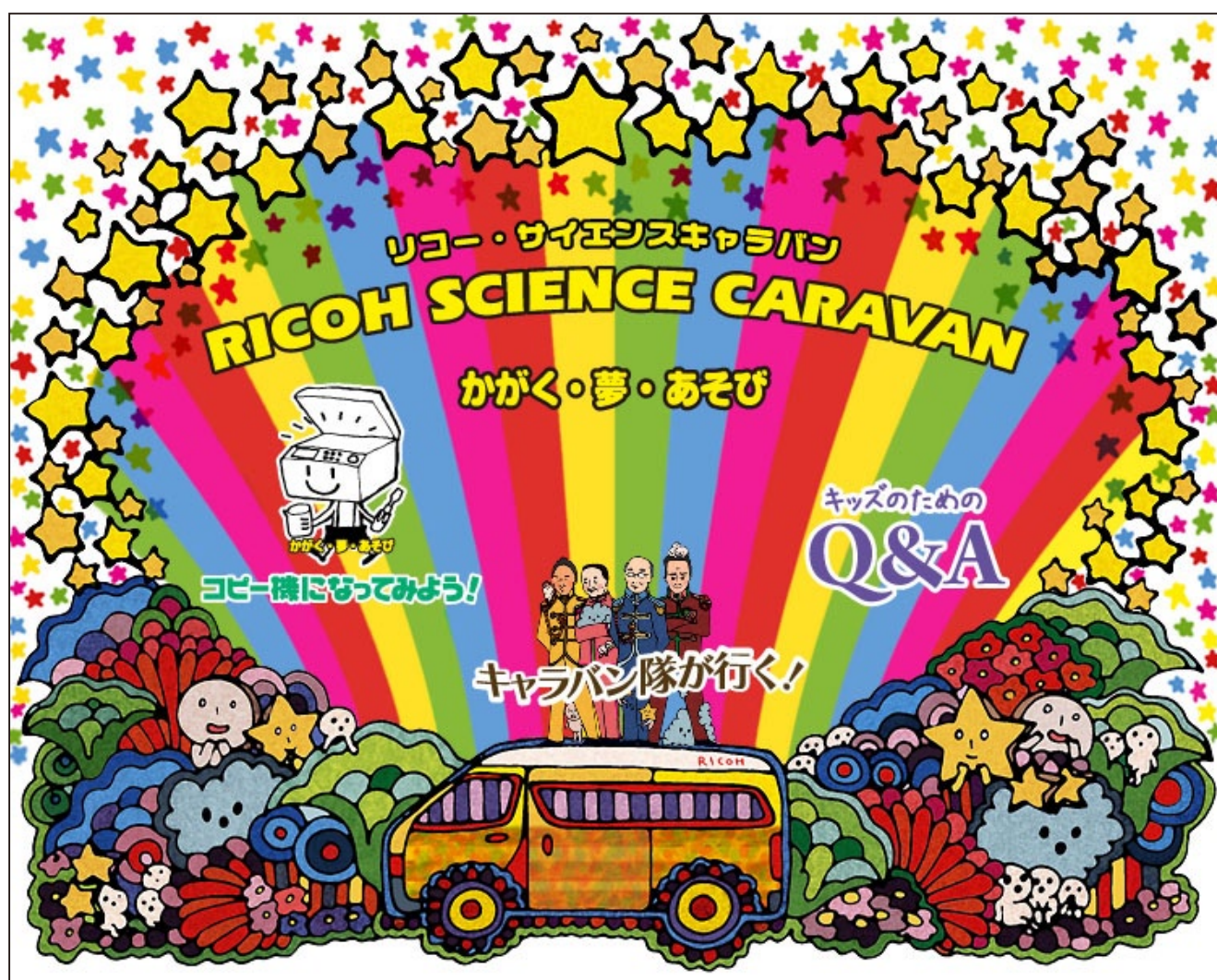
リコー・サイエンスキャラバン 大解剖 シリーズ

はじめに

日本の科学技術で作られたモノは、日本のみならず世界の人々から、高い信頼を受けています。「日本で作られたモノ」ということで世界の人々は安心して使っています。この信頼は、長い年月にわたって多くの人々が「より良いモノ」を目指して知恵を出し、挑戦し続けてきた結果、得られたのです。その挑戦は今も様々な分野で、休むことなく続いています。

21世紀は日本はどんな国に発展していくのでしょうか。100年という期間では、今はできないことができるようになるでしょうし、考えもしなかったことができるようになっていないのでしょうか。それを考えるとワクワクしますね。21世紀を引っばっていくのは、ここにいる皆さんです。皆さんが日本の科学技術を引き継ぎ、さらに大きく発展させて様々な分野で力を発揮して、日本のみならず世界の人々に「大きな感動を与えるモノ」を生み出してくれることを願っています。

サイエンスキャラバン隊 タカハシ博士



サイエンスキャラバン隊ホームページ (www.ricoh.co.jp/kouken/science_caravan/)

目次

1. テキスト構成

p. 03

2. 静電気ってなんだ

p. 04

3. コピー機の原理

p. 08

4. コピー機の仕組みの詳細

p. 18



最新型リコー・デジタルカラー複合機 imagio MP C4500 it

1. テキスト構成

コピー機は原稿を写して原稿と同じものを自分の欲しい枚数作り出す機械です。皆さんはコピー機でコピーをとったことがありますか？原稿をコピー機の原稿台において、10枚コピーしたいなら10と数字を入力してボタンを押せば、原稿と同じものが10枚出てきます。どうやっているのでしょうか。このテキストブックはコピーがどうやってできるのか、コピー機の中はどうなっているのかを知る目的で以下の順番、内容で説明します。

静電気ってなんだ

コピーを作り出すのに静電気が重要な役割を担っています。静電気ってなんでしょう。静電気についていろいろと見ていきましょう。

コピー機の原理

コピー機にはアナログ方式とデジタル方式があります。近年はほとんどがデジタル方式になっていますが、基本原理はアナログ方式もデジタル方式も同じです。ここでは、アナログ方式でコピー機の原理を理解しましょう。

コピー機の仕組みの詳細

デジタル方式のコピー機の重要な仕組みについて観察し、アナログ方式とデジタル方式の違い、コピー機の機構や構成の理解を深めます。

テキストブックの内容は以上ですが、難しい内容を含んでいます。なるべく判りやすく書くことに努めましたが、判らないところは飛ばして読んでください。

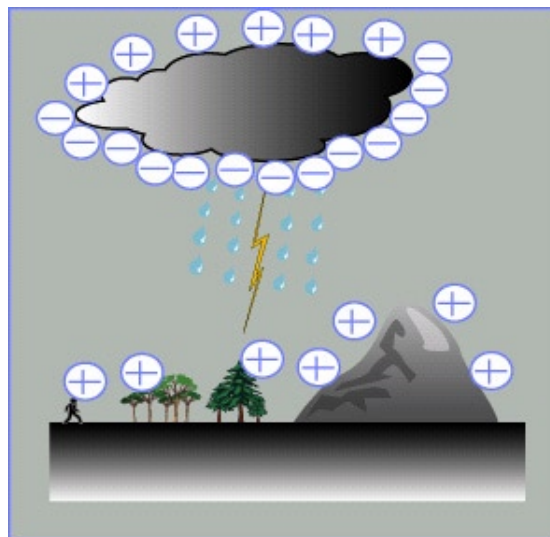
2. 静電気ってなんだ

2.1 雷雲は静電気の溜まり場

コピー機は静電気を活用しています。皆さんは静電気という言葉聞いたことはありますか？ドアを開けようと、ドアノブに手を近づけた瞬間にパチッと音がしてショックを受けたことはありませんか？また、夏には雷が多く発生しますね。ゴロゴロ、ピカッと光って、しばらくするとものすごい轟音が轟きわたる雷は、皆さんも経験していると思います。これらは静電気という電気が、人間の体や雷雲に蓄えられた結果おこる「放電」という現象です。雷雲は膨大な静電気を蓄えて数万ボルト以上の高電圧になるといわれています。そうすると、本来は電気を通しにくいはずの空気が膨大な静電気を蓄積した雷雲によって生じる高電圧に耐え切れなくなり、空気中に含まれている様々な分子が破壊されて、分子に電気が現われてきます。そうすると空気中を電気が流れやすくなって、それまで蓄えられていた静電気がいっきに電流として流れるようになります。これが落雷といわれるものです。静電気もれっきとした電気ですからプラス (+) とマイナス (-) があります。同じもの同士では反発しあう力 (斥力) を、異なるもの同士では引き合う力 (引力) を生み出します。

右の絵を見てください。

雲は小さな水滴や氷の粒子からできています。これらが空気の激しい流れによって、擦れ合うことから静電気が発生し、雲が電気を帯びます。この電気を帯びることを「帯電」といいます。一般的に、雲の上がプラスに下がマイナスに帯電されることが多いようです。この雲が地表に近づくと、雲の下側のマイナス電気の影響を受けて、地表にはプラスの電気があらわれます。そして落雷は雲と逆の電気に帯電した地表との間や雲の間で起こることになります。

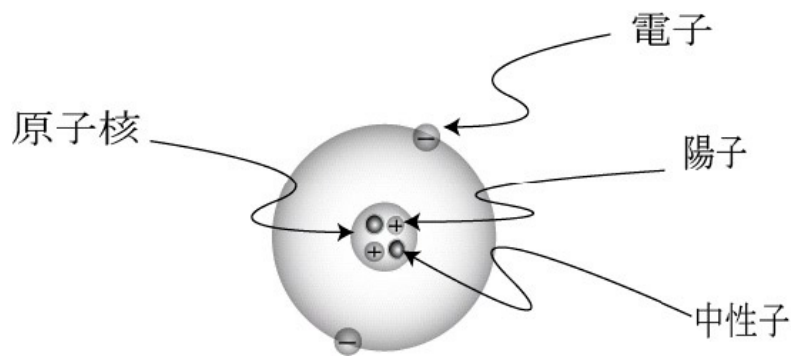


2.2 静電気の正体

電気というものはどこからくるのでしょうか？実は、電気はもともと物の中に密かに隠れ住んでいるものです。このことを理解していただく為に原子のお話をします。原子の勉強は高校の物理の本に出てくるようですので、小中学生の皆さんには理解しにくいことが多いと思いますが、気楽に読んでみてください。

皆さんは分子や原子という言葉聞いたことがありますか？聞いたことがない人が当然多いですね。鉱物でも植物でもありとあらゆる物をどんどん細かくしていくと、これ以上分解すると物の性質を示さなくなる分子という状態になります。この分子を更に分解していくと、最後にこれ以上分解できないものに行きつきます。これが原子といわれるものです。

下図にヘリウムという物質の原子模型を示しましたが、原子は中心にプラスの電気をもった原子核があります。原子核は陽子と中性子から成っていて、陽子と中性子は同じ数で構成されています。陽子はプラスの電気を持ち、中性子は電気をもっていません。ですから原子核としてはプラスの電氣的性質を示すことになります。そしてその原子核の周りには原子核と同じ量のマイナス電気をもった電子がまわっています。原子核のプラスの電気と電子がもつマイナスの電気とは同じ電気量で符号が反対です。ですから、お互いに打ち消しあってゼロになるので、原子を外から見ると電氣的には、プラスでもマイナスでもない中性で、電氣的性質を示さないものに見えます。



ヘリウムの原子模型

このように、世の中の全ての物質は、原子（化学元素とも呼ばれている）に分解することができます。現在、原子の種類は106種が見つかっていて、このうち、自然界にあるのは90種で残りの16種は実験室で作られたものです。この原子の組み合わせで分子がつくられます。この組み合わせによって、世の中のいろいろな物がつくられます。例えば水やプラスチックがその例です。

このような原子から、何かの方法で電子を引き離してやると、引き離された電子は、電子がもともと持っているマイナスの電氣的性質を示し、電子を切り離された原子はプラスの電氣的量が多くなるので、プラスの電氣的性質を示すようになります。

原子から電子を切り離す方法は、電子を高速で原子にぶつける方法や強い光や熱を加える方法、摩擦による方法などがあります。これらのことから電気はもともと物の中に持っているものということが理解できると思います。

以上のことを雷雲に関連付けてみると、膨大な静電気が貯まった雷雲によって、何万ボルトという高電圧が空気中にかかっていると、空気中にもともとあって動き回っている電子は、強い電氣的力を受けて動きが速まり、空気中に存在している原子や分子（例えば、酸素原子や窒素原子や水の分子等）に激しく衝突して、原子や分子から電子を切り離したり、切り離された電子が他の分子と結合して、原子や分子が電気を帯びるようになります。特に原子や分子が電気を帯びることをイオン化と呼んでいます。雷雲の高電圧のもとでこのイオン化が進行すると、本来電気を流しにくい空気中を電気が流れるようになり、放電という自然現象に至ります。この放電が稲妻と呼ばれているものの正体です。

2.3 摩擦によって静電気が発生

物がプラスやマイナスの電気を帯びることを「帯電」といいましたが、物を帯電させる代表的な方法に「摩擦帯電」という方法があります。

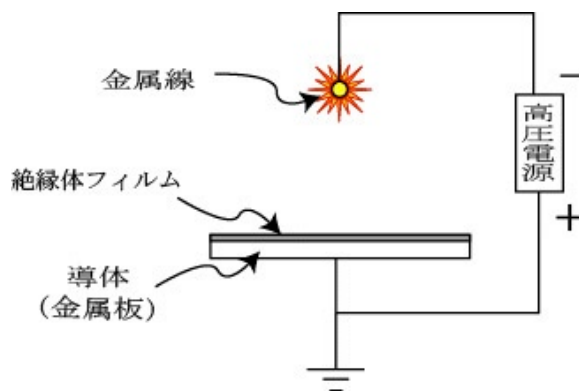
摩擦帯電は最も簡単で古くから知られている方法です。物同士を擦り合わせることを摩擦させるといいますが、摩擦させると一方の物がプラスに、もう一方の物はマイナスに帯電します。皆さんも下敷きなどを擦って、髪の毛に近づけて髪の毛が引っ張られる経験をしたことはあるでしょう？これは摩擦によって、一方の物にあった電子がもう一方の物に移動し、電子を取られた物はプラスに、電子を受け取った物はマイナスに帯電することで現われる現象です。結局、摩擦帯電もその仕組みは、物質を構成する原子から電子が引き離された結果生じる現象です。雷雲に静電気が発生し蓄積するのも、激しい気流から生じる雲同士の摩擦によって発生するものです。雲の中には細かい氷の粒や水滴の粒があり、それらが激しく擦れあうことから静電気が発生すると言われていいます。まさに摩擦帯電がおこなわれているわけです。この摩擦帯電による静電気の活用は、コピー機においては「トナー」という粉のインクに静電気を持たせる際に活用しています。

2.4 コロナ放電による静電気の生成

放電について雷雲の例で以下の説明をしました。

「雷雲は膨大な静電気を蓄えて数万ボルトといった高電圧になるといわれています。そうすると、本来は電気を通しにくいはずの空気が、膨大な静電気を蓄積した雷雲によって生じた高電圧に耐え切れなくなり、空気中に含まれている様々な原子や分子が破壊（イオン化）され、それらの原子や分子に電気が現われてきます。そうすると空気中を電気が流れやすくなって、それまで蓄えられていた静電気がいっきに電流として流れるようになります。」これが雷雲による放電現象で、稲妻と呼んでいるものです。

このような放電は火花放電と呼ぶ放電の仲間であり、雷雲から地表につながる空間が破壊されて、稲妻がつながった状態の放電です。これに対して、部分的に放電が起こる状態があります。下図は部分放電を起させる装置の例です。

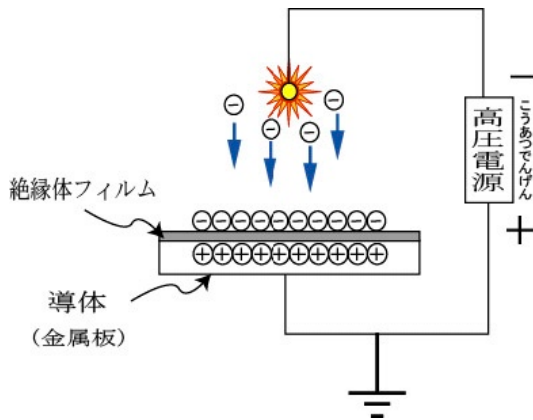


細い金属の線と導体（金属板）の間に電圧を加えて電圧を徐々に上げていくと、金属線の周りが淡く光っているのが見えてきます。これは金属線の周りの空気に含まれる原子や分子が金属線から放射される電子の作用によって電気を帯びてくることから生じる現象です。この原子や分子が電気を帯びることをイオン化といました。この状態から、更に電圧を上げていくと、バチバチと音がして火花が発生して落雷のような「火花放電」に至ります。

この火花放電が起こる電圧より少し低い電圧に設定すると、金属線の周りにだけ部分的な放電が起こっている状態を作り出すことができます。この放電をコロナ放電といいます。このコロナ放電によって、金属線の周りに電子とマイナスイオンが発生してきますが、マイナス電圧をかけているため電子やマイナスイオンは直ちにこの場所から反発力（斥力）によって押し出されて、導体（金属板）方向に移動を始めます。導体方向に移動したマイナスイオンは導体の表面に張ってある絶縁フィルムに衝突して静電気として蓄えられることとなります（マイナスの電圧のかかった金属線の周囲がイオンの発生源になり、このイオンが絶縁体に付着すると、絶縁体は電気を通さないの静電気として蓄えられることになるのです）。コピー機は、このコロナ放電によって静電気を発生させて活用しています。

この状態を絵にすると、次のようになります。

静電気は絶縁体フィルムの表面に蓄積され、そのマイナスの静電気に影響されてプラスの電気が導体（金属板）に現われてきます。雷雲による落雷も電気を通さない絶縁体の表面に落ちれば膨大な静電気が蓄積されますが、ほとんどが電気を通しやすい地面に落ちますので、静電気同士の反発力（斥力）で広がって薄まってしまいます。



3. コピー機の原理

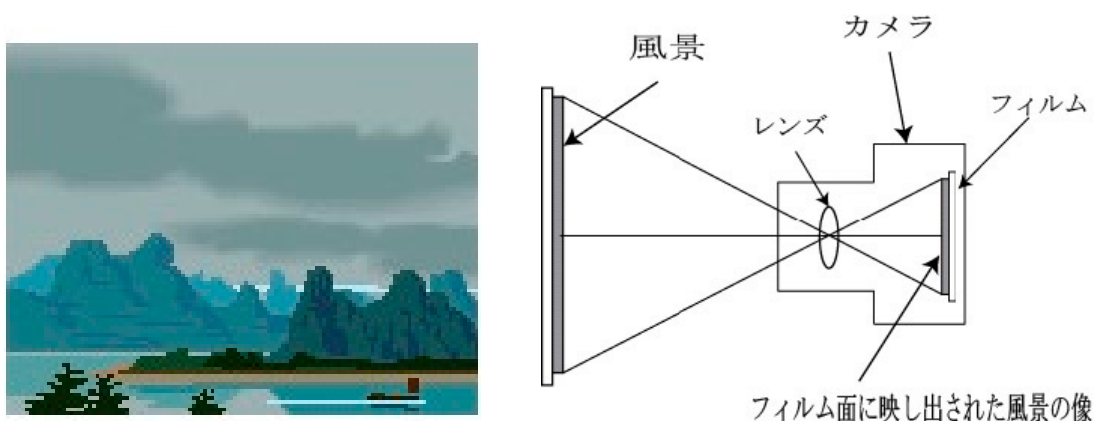
コピー機の技術方式としてはアナログ方式とデジタル方式がありますが、ここではアナログ方式で、コピー機の原理を理解していきます。

3.1 「原稿を写し取る」仕組み

「コピーする」という意味は「写す」といった意味ですが、皆さんの身近にあるカメラも「写す」装置ですね。そこでカメラとコピー機を比べながら、どうやって「写している」のか見ていきましょう。

3.1.1 カメラの写す仕組み

いま、目の前に下の絵のような風景が広がっているとしましょう。写真に撮ろうと思い、カメラを構えました。そしてシャッターを押しました。シャッターが開いたわずかな時間のあいだ、フィルムに風景の絵が映し出されます。このフィルム面に映し出される風景像の光によってフィルムが化学変化を起こし、風景像が記録されます。

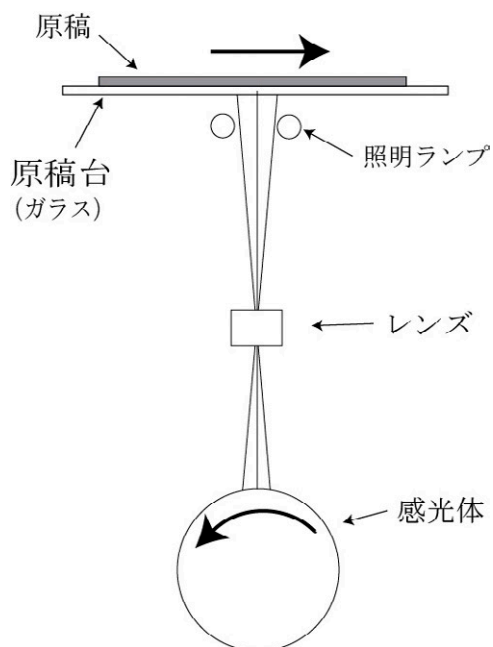


カメラの中では、このようにしてフィルムが風景像を写し取っています。

3.1.2 コピー機の写す仕組み

それではコピー機はどのようにして原稿を写し取っているのでしょうか。

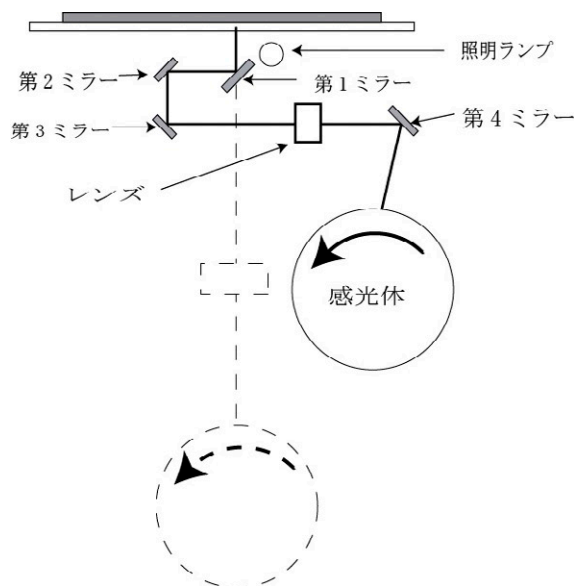
基本的な構成はカメラとよく似ています。下の図を見てください。この図はコピー機の基本的な構成を示しています。



風景に相当するのがコピー機の原稿台に置いた原稿ということになります。そしてカメラのフィルムに相当するのが感光体と呼ばれるものです。

コピー機は原稿台に置かれた原稿をランプで照明し、明るく照らされた原稿の像をレンズを使用して静電気が与えられている感光体に映し出します。感光体は映し出された原稿像の光に感じ、光がたくさん当たった所の静電気は逃げて無くなり、光が当たらない所や当たる量が少ない所は静電気が残って、感光体上に原稿と同じ形の静電気の像がつくられます。コピー機はこのように、感光体が原稿の像を写し取っています。どうして静電気の像がつくられるのかは、後ほど説明します。

また、実際のコピー機では、この図の状態だと機械の高さが高くなってしまいますので、ミラーを使って光線を折り曲げ下図のようにしています。さらに原稿台が移動するのでは使いにくいので、原稿台を固定し、その代わりにランプとミラーが移動して原稿の端から端までを感光体に映し出しています。



3.2 「原稿と同じ像をつくり、紙に写す」仕組み

身近なカメラとコピー機の比較で、フィルムや感光体といった記録材に「写す」仕組みをみてきました。基本的な構成はカメラとコピー機はよく似ていましたが、異なる点もあることが判りました。

ここでは、原稿と同じ像をつくり、その像を紙に写す役割をしている「作像装置」と、紙に像をしっかりとつける「定着装置」について説明します。そして、静電気がどのように活用されているかをみていきましょう。

3.2.1 帯電（感光体に静電気を与えます）

作像装置の最初の工程が帯電という工程です。

物が電気を帯びることを「帯電」といいます。コピーは特殊な性質を持った感光体に静電気を与え、帯電させることから始まります。

感光体は実際のコピー機では、円筒状の形をしています。説明を判りやすくするために、感光体を紙のような薄いシート状にして説明します。感光体は「光を感じる層」と電気を通す「導電体層」の2層の構造からなっています。

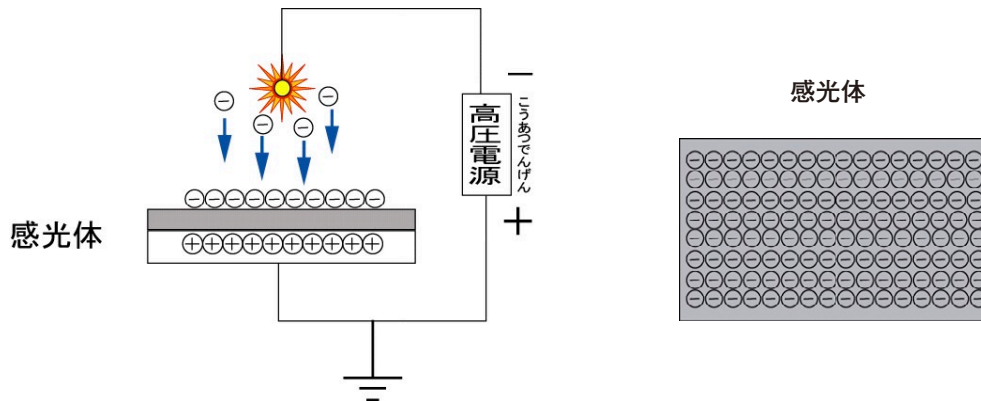
感光体の断面

光を感じる層

導電体層



この感光体に 7 ページで説明したコロナ放電によって、静電気を生成して感光体の表面にマイナスの静電気を与えます。金属線には - 6000 から - 8000 ボルトの高い電圧をかけて、コロナ放電を発生させています。絵にすると下図のようになりますが、もちろん静電気は目には見えません。

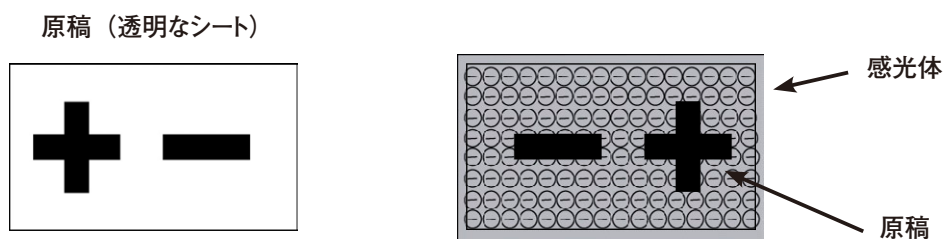


3.2.2 露光（感光体に静電気の像を作る）

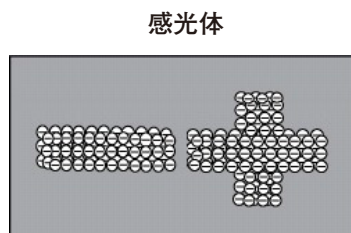
帯電の次に行う工程が、露光という工程です。

原稿の像を感光体に映し出すことを「露光」といいます。この露光によって感光体に原稿と同じ形の静電気の像ができます。

今、下図のような透明なシートにマジックで文字を書いて原稿を作り、感光体に裏返しにして重ねて、上から光を当てたとします。



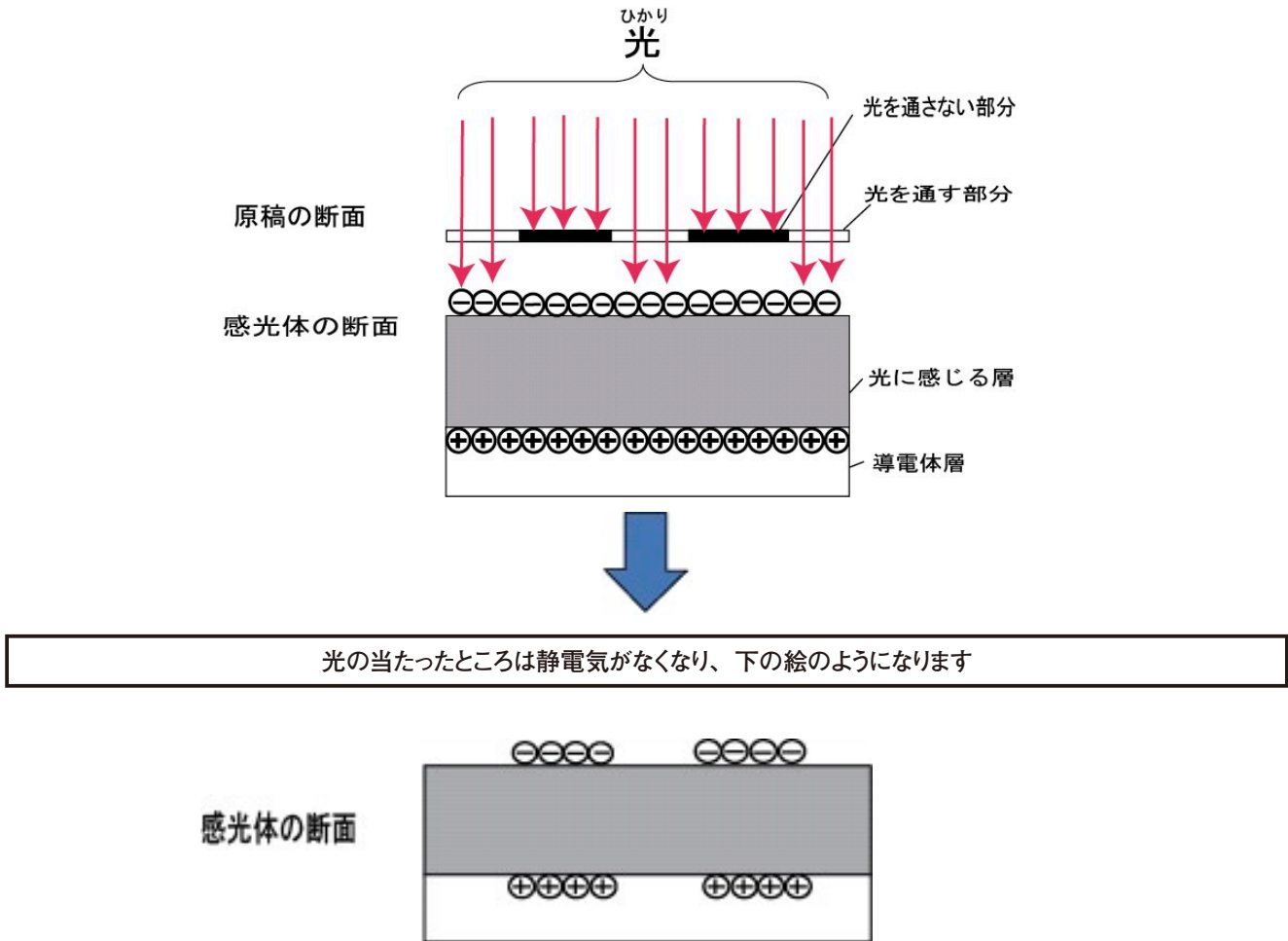
そうすると、光の当たった部分の感光体上の静電気が消えて、光の当たらなかったところは静電気が残り、原稿の文字の形に静電気の像ができます。



光を当てることで原稿と同じ形の静電気の像ができる原理を説明しましょう。

感光体は暗いところでは表面に静電気を貯めておくことができます。また、暗いところでは電気を通さない、いわゆる「絶縁体」の性質を持っているので、静電気を貯めておくことができます。ところがこの感光体は、光が当たると電気を通す「導電体」としての性質を示すようになり、表面に貯まっている静電気を逃がしてしまいます。これが感光体の特殊な性質です。

下図のように文字や絵を書いた部分は、感光体に光があたらないので、静電気がそのまま残り、光が当たったところは静電気が逃げて感光体の表面から無くなってしまいます。その結果、原稿と同じ形の静電気の像が感光体につくられることになります。

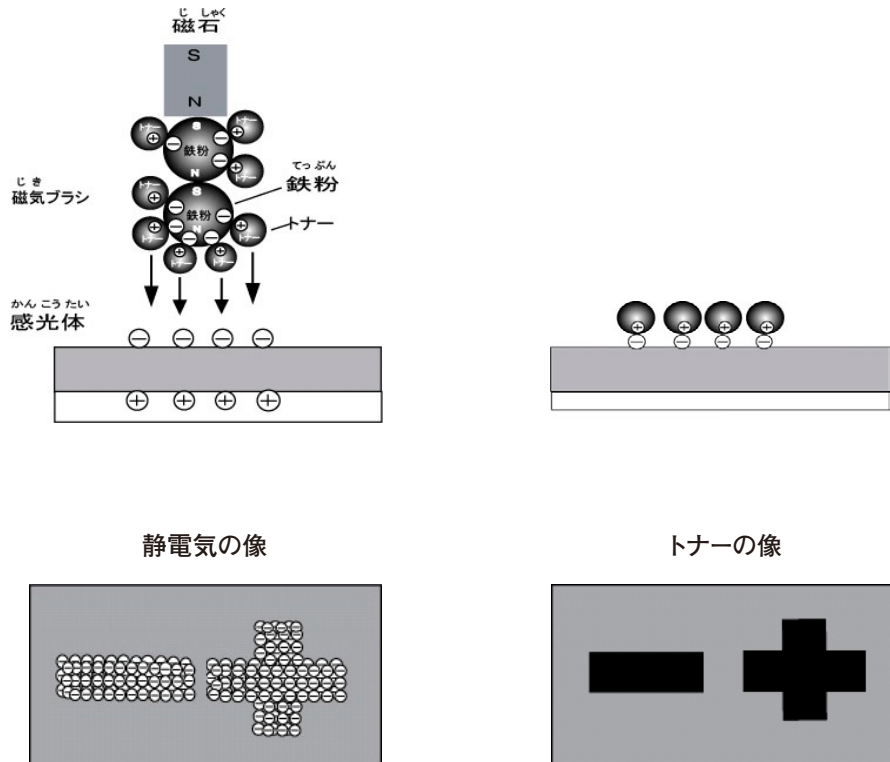


3.2.3 現像（静電気の像にトナーを付着させる）

原稿と同じ形の静電気の像をつくった後に行うのが現像という工程です。

感光体上にできた静電気の像に、トナーという粉のインクを付けるのが現像です。

下図を見てください。トナーは鉄粉と混ぜ合わせると7ページで説明した摩擦によって静電気が発生し、鉄粉はマイナスに帯電し、トナーはプラスに帯電します。このような鉄粉とトナーを混ぜ合わせたものを「現像剤」と呼んでいます。この現像剤に磁石を近づけると、鉄粉が磁石にくっついて連なります。これを磁気ブラシと呼んでいます。この磁気ブラシで感光体上を撫でると、感光体上のマイナスの静電気の像にプラスに帯電しているトナーが引きつけられて現像されます（絵が浮かび上がります）。

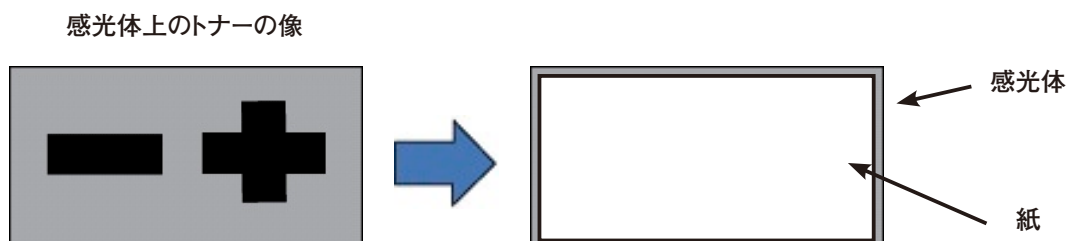


3.2.4 転写（感光体上のトナーを紙に移す）

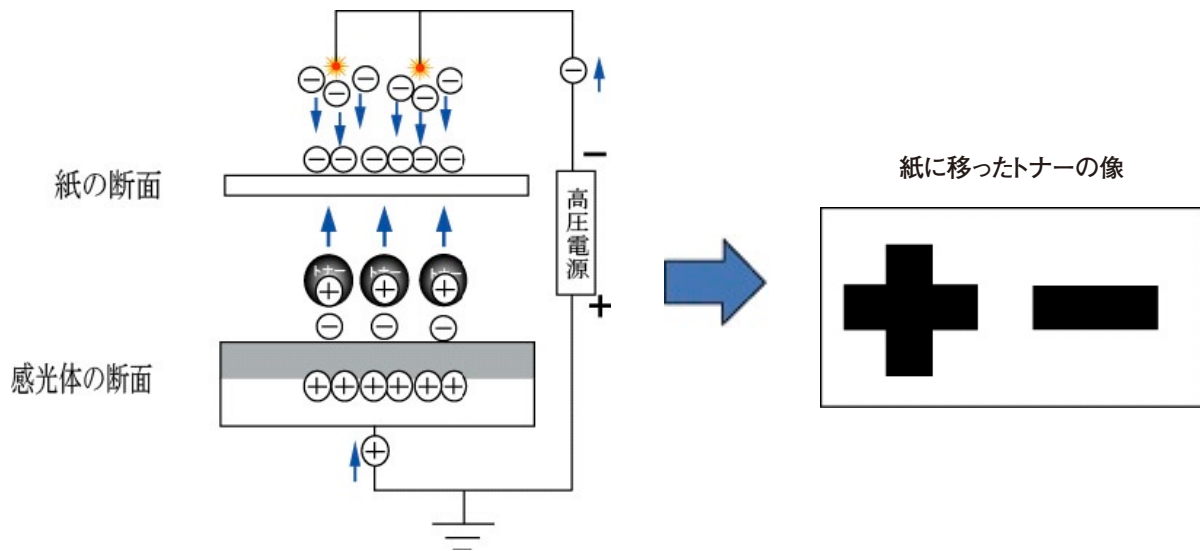
感光体上に現像されてできたトナーの像を紙に移し取るのが「転写」です。

感光体上のトナーはプラスに帯電していますので、紙をマイナスに帯電させて、つまりマイナスの静電気を与えて、静電気の力でトナーを紙に引きよせ、移し取っています。そのやり方を下図で説明します。

感光体上のトナー像に紙を重ねます。



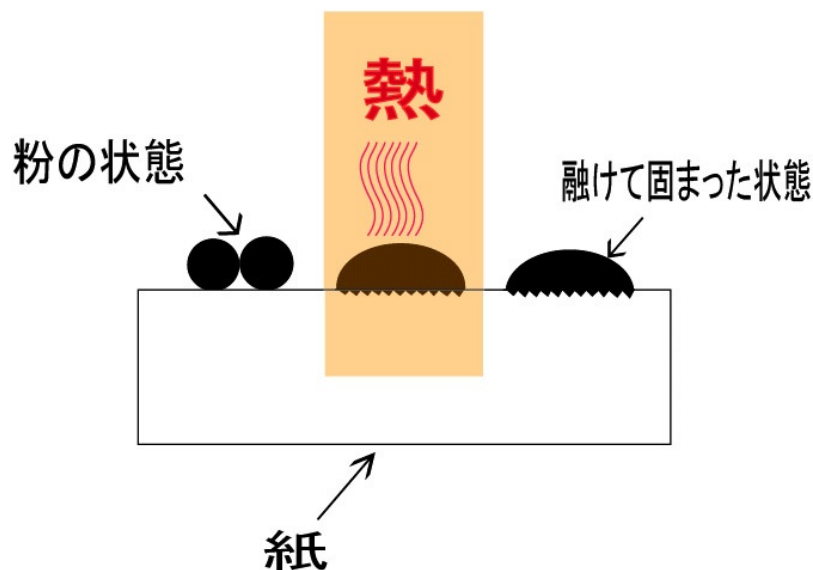
重ねた紙側から、7 ページで説明したコロナ放電を行って、マイナスの静電気を生成して、紙をマイナスに強く帯電します。これによってプラスに帯電しているトナーは感光体の「引き合う力」に打ち勝って、今度は紙側に引っ張られて移動し紙に付着します。このようにして感光体上のトナーを紙にし取ることになります。



3.2.5 定着（紙にトナーをしっかりとつける）

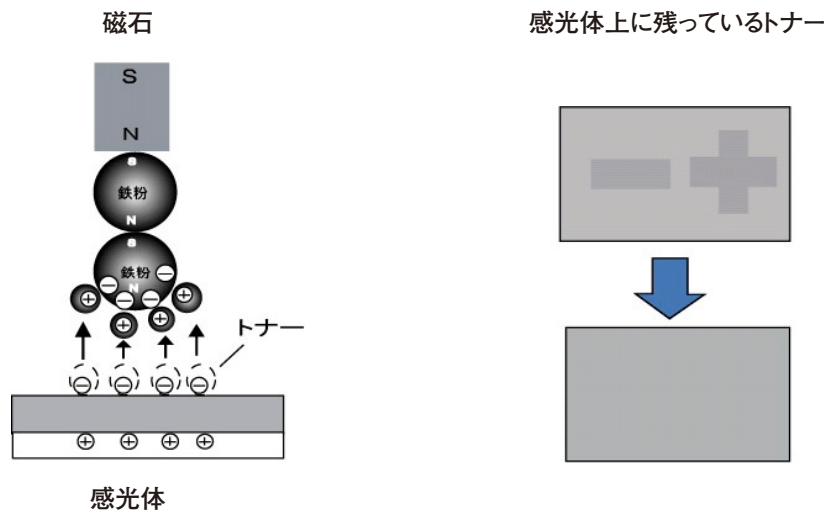
紙に移ったトナーは粉の状態ですので、擦ると取れてしまいます。

取れないようにするには、トナーに熱を加えます。トナーは樹脂（プラスチック）でできているので熱を加えると融けて紙の内部に入り込み、紙の繊維に絡みつきます。この状態で冷えて固まると取れなくなります。定着することでコピーはでき上がりですが、感光体には次のコピーに備えるための、クリーニングと除電という工程が残っています。



3.2.6 クリーニング（感光体上のトナーを取り除く）

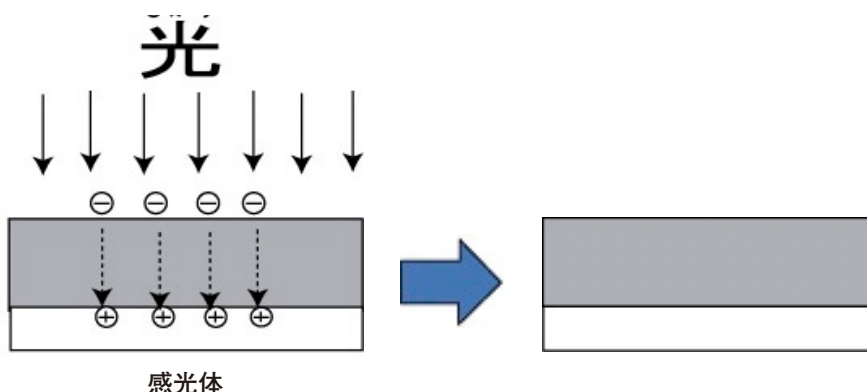
「クリーニング」の目的は感光体上に残っているトナーを取り除くことです。下の図は、磁石に鉄粉をつけて鉄粉が連なった状態を作り、この鉄粉の連なったもの（磁気ブラシ）で感光体上を撫でることにより感光体上に残っているトナーを取り除く工程を絵にしたものです。取り除かれる仕組みは5ページで説明した「摩擦帯電」の原理を活用しています。つまり、鉄粉とトナーを擦り合わせる（摩擦させる）と、鉄粉とトナーに静電気が発生して、静電気力でトナーが鉄粉に引きつけられ、感光体から取り除かれるのです。



3.2.7 除電（感光体の静電気を取り除く）

感光体上のトナーはクリーニングできれいに取ることができましたが、感光体上にまだ残っているものがあります。目には見えませんが静電気が残っているのです。特にトナーが付いていた部分には大量の静電気が残っているので、この静電気を取り除くことが除電の目的となります。

取り除く方法は、感光体に光を照射します。光を照射すると感光体の感光層が電気を通すようになり、残っているマイナスの静電気は逃げてなくなります。この除電によって感光体は元の状態にもどり、次のコピーのために再び「帯電」を行うことができる状態となります。

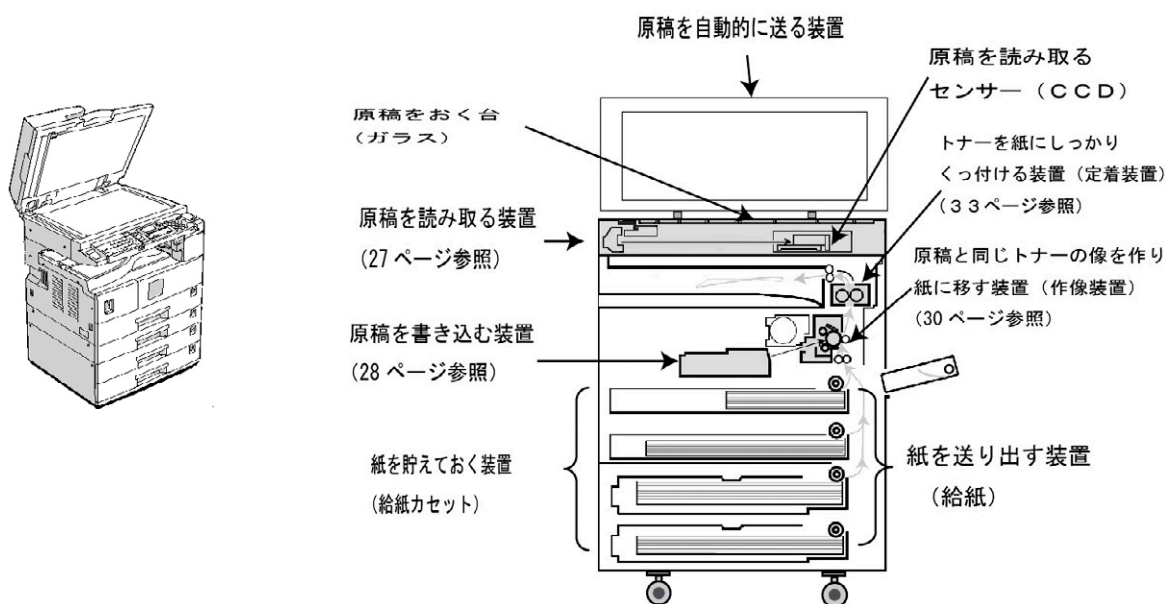


3.2.8 この章のまとめ

この章では、コピー機の原理、仕組みを説明してきました。3.1 で説明した「原稿を写し取る」仕組みは 3.2 の「紙に画像を作る」仕組みで説明した「露光」という工程であることがわかったでしょうか。帯電という工程で静電気を与えられた感光体に原稿を映し出すことで、感光体に原稿の文字や絵が静電気の像として記録されていることがわかりましたね。そこに静電気を帯びた粉のインクであるトナーを、同じく静電気の力で付け(現像)、そのトナーを紙に移しました(転写)。紙に移すのも、静電気の力で移していました。そして熱を加えてトナーを融かし、紙にしっかりとくっつけて(定着)いました。一方、感光体はクリーニングや除電を行って元の状態に戻され、何千枚、何万枚と繰り返し使用されます。このクリーニングも静電気の力を利用していました。ということで、コピー機は光を当てると電気を通すように変化する物質である感光体と静電気をうまく組み合わせて、成り立っていることが、おおよそ理解できたでしょうか。

4. コピー機の仕組みの詳細

最近のコピー機はデジタルという方式になっています。「3. コピー機の原理」で説明した方式はアナログという方式です。ここでは、デジタル方式のコピー機について説明します。下図にデジタル方式のコピー機の断面図を示しました。「3. コピー機の原理」で説明した「帯電、露光、現像、転写、クリーニング、除電」は、下図の「原稿と同じトナーの像を作り紙に移す装置（作像装置）」の中にあります。紙が「紙を送り出す装置」から送られてきて、作像装置で紙にトナーを移し、「トナーを紙にしっかりくっつける装置（定着装置）」を通して、コピーとして出てきます。

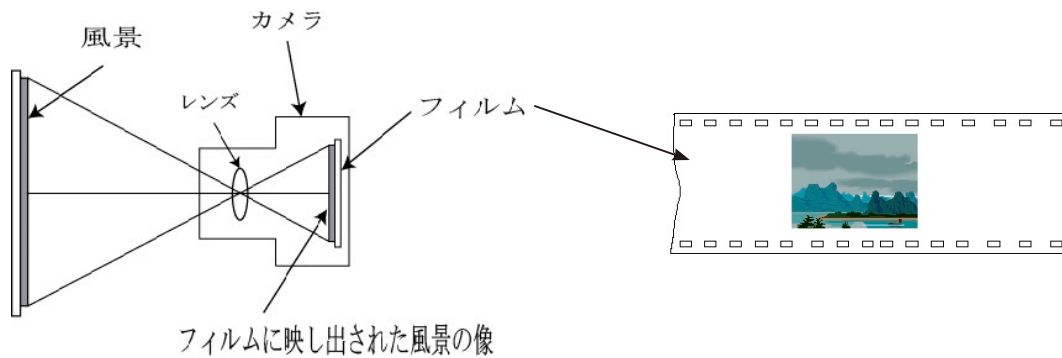


アナログ方式とデジタル方式の大きな違いは、「露光の仕方」にあります。アナログ方式は原稿の文字や絵を感光体に映し出すことで、感光体上に原稿と同じ形の静電気のできた文字や絵をつくっていましたが、デジタル方式は、上図で示した「原稿を読み取る装置」で原稿の情報をセンサー（CCD）で読み取って記憶し、その記憶した情報を元に、上図の「原稿を書き込む装置」でレーザーを発振させて、レーザーという光の筆で上図の作像装置の中にある感光体書き込んで、原稿の文字や絵と同じ形の静電気の像を作るようにしています。それでは、アナログ方式とデジタル方式の違いを見ていきましょう。

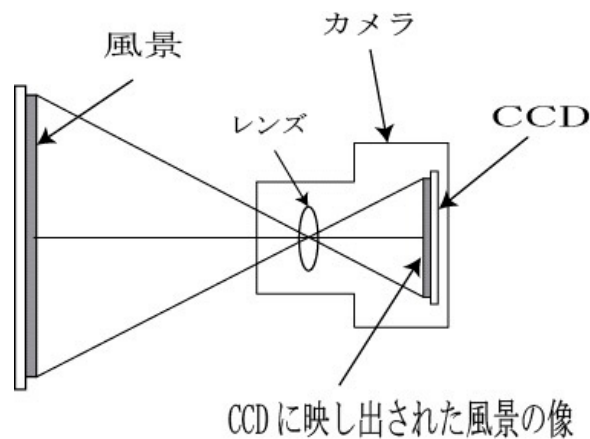
4.1 アナログ方式とデジタル方式の違い

最近では身の回りにデジタル製品が溢れています。コピー機に限らずカメラもデジタルになっていますね。ここではカメラとコピー機の比較をしながらアナログとデジタルの理解をしていきたいと思います。

アナログカメラは、フィルムに風景を映し出して、フィルムが風景の情報を読み取って記憶していたのですね。

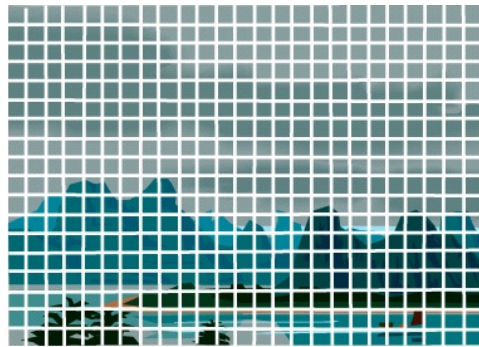


デジタルカメラでは、フィルムの位置するところに、CCDという画像を読み取るたくさんのセンサーで構成されている電子部品が配置されています。



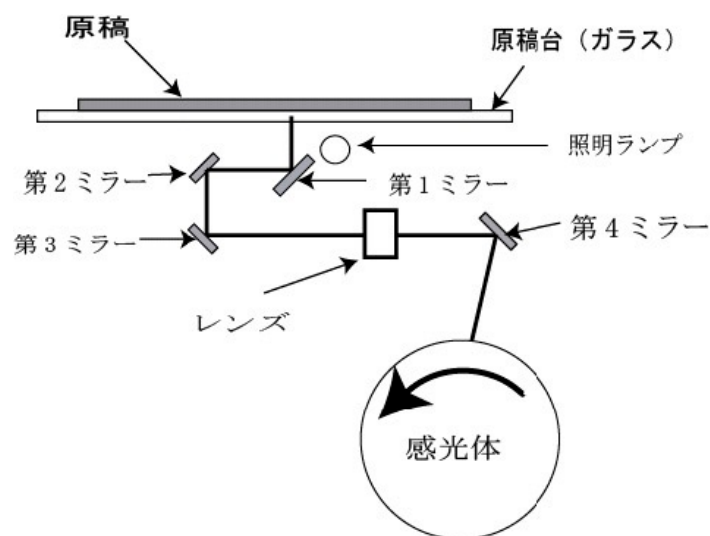
アナログカメラではフィルムが風景の情報を読み取っていましたが、デジタルカメラでは CCD の中にある一つ一つのセンサーが風景の情報を読み取っています。どのように読み取っているかというと、下の絵のように映し出された風景を細かい部分に分けて、分けた部分を一つ一つのセンサーが読み取っています。この一つ一つを「画素」と呼んでいます。読み取った情報はメモリーカードに貯えられます。皆さんはデジタルカメラで 200 万画素とか 400 万画素といった言葉を聞いたことはありませんか。これはレンズを通過してきた風景の情報を分ける数であり、その分けた数だけセンサーがあるということです。

下の図は横 25、縦 18 に分けたので、画素数では 450 画素（ $25 \times 18 = 450$ ）しかありません。分ける数が多いほどきめ細かなきれいな写真ができ上がります。



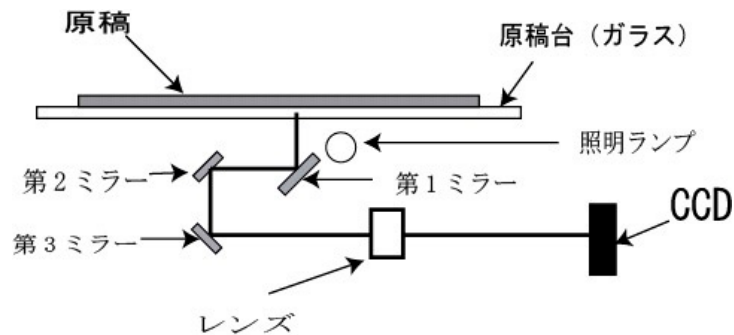
それでは、デジタルコピー機の仕組みを見てみましょう。

アナログコピー機では、下図のように原稿の像をレンズを通して、感光体に映し出していました。それによって原稿と同じ形の絵や文字の静電気の像を感光体につくり、感光体が原稿の像の情報を記録していました。



デジタルコピー機では、原稿をレンズを通して CCD に映し出し、CCD が原稿の画像の情報を読み取り、その読み取った情報を蓄えるようにしています。デジタルカメラの構成と似ていますね。

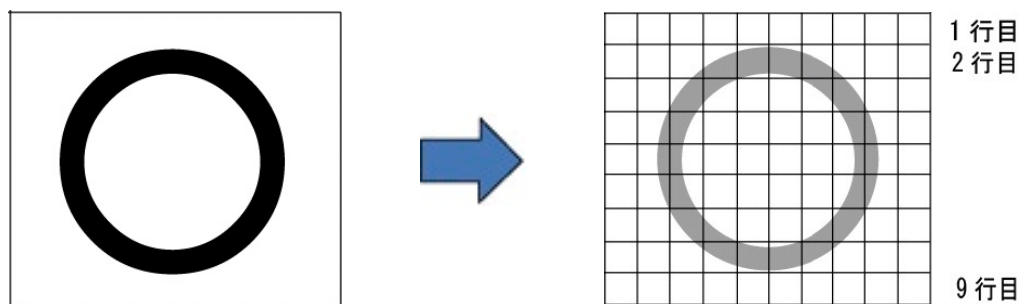
この読み取った画像の情報を、レーザーの発生装置に送って、レーザーという光の筆で感光体に書き込み、原稿の絵や文字を静電気の像として感光体に作ります。



次に、この CCD で読み取る画像情報のデジタル化について説明します。

4.2 原稿画像のデジタル化

コピー機の CCD は、たくさんのセンサーが 1 列にならんだ構成をしています。その一つ一つのセンサーが原稿から反射されてくる光の量の大小を読み取って、その情報を記憶し計算し判断するところに送り、そこで原稿情報はデジタル化されます。このデジタル化とはどのようなものか、下の左の絵を原稿にして説明します。デジタル化するために、原稿を右の絵のように細かい部分に分けます。いま、横を 10 に分け、縦を 9 に分けたとします。そうすると分けた数は全部で 90 ($10 \times 9 = 90$) となります。また下の絵に示すように横の 1 列を「行」と呼び、上から 1 行目、2 行目と順番に呼ぶことにします。



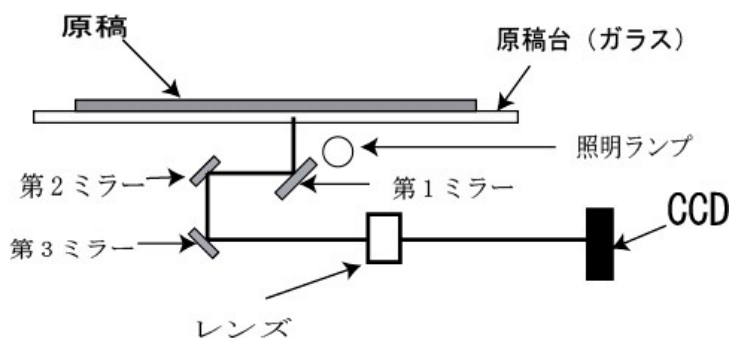
この原稿の分けた数は全部で 90 ですから、90 個の情報が得られることになります。この全部の情報を得るために、CCD は 1 行目、2 行目と「行」ごとに順番に、最後の 9 行目までを読み取っていきます。読み取った情報は「行」ごとに記憶し、計算し、判断するところに送られます。そして分けた一つ一つの部分に絵や文字があるところは 1 を、ないところは 0 として、0 と 1 で原稿の情報を蓄積します。この結果、次のページの絵のように原稿の画像の情報が書き換えられて、蓄積されます。

実際のコピー機では、一つ一つに分ける大きさを縦と横が、それぞれ 0.042mm の大きさにしています。原稿の大きさが「A4」だとすると、A4 サイズの寸法は横幅が 297mm、縦が 210mm ですから、横を 7071 に分け、縦を 5000 に分けていることになります。全体では $7071 \times 5000 = 35355000$ (およそ 3535 万画素) というものすごくたくさん数に分けています。このように小さな部分に分けていますから、原稿と同じような滑らかな丸い絵のコピーが得られます。

それでは、このように原稿を細かく分けて CCD で読み取る方法について、見ていきましょう。

4.3 原稿を読み取る方法 (読み取り装置)

実際のコピー機では、原稿台においた原稿に照明ランプで光を照射して、原稿の像をミラーとレンズを使って CCD に映し出しています。

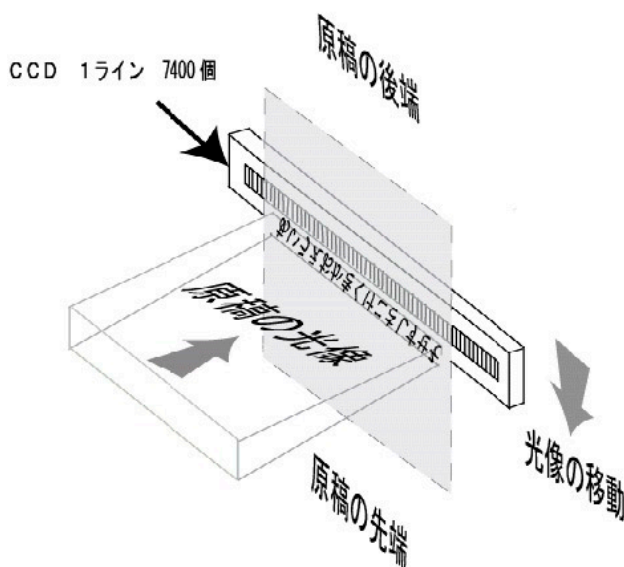


CCD は映し出された像の明るさの大小を読み取って、電流の大小に変換しています。そしてこの画像の情報を蓄積し、計算し、判断するところへ送って、そこでデジタル化して蓄積します。この CCD には一列に 7400 個のセンサーが並んでいて、一つ一つのセンサーは原稿の縦横 0.042mm の非常に狭い部分を読み取ります。

読み取りの方法は、原稿の大きさによって 7400 個のセンサーの全部を使うか、一部を使うかして原稿の先端の 1 行目から後端の最後の行まで、行ごとに読み取っていきます。

右の絵はランプが移動しながら原稿台に置いた原稿の先端から後端までを照明し、原稿の像を CCD に映し出していく様子をあらわしたものです。

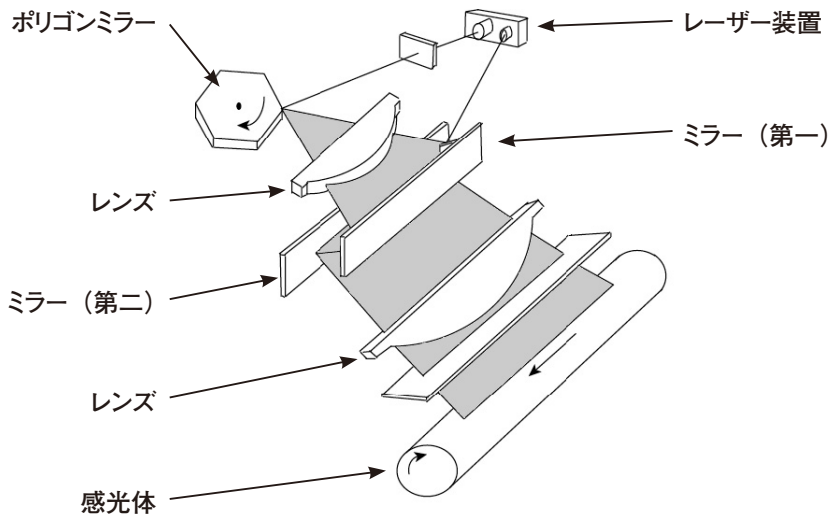
原稿の先端から後端にかけて読み取り終わると、原稿の 1 ページ分のデジタル化したデータが蓄えられることになります。



4.4 原稿を書き込む方法（書き込み装置）

画像の情報をデジタル化して貯えてあるところから、その情報をレーザー装置が受け取って、レーザーという光の筆で感光体上に1行ずつ書き込んでいきます。画像のないところはレーザーを点灯して感光体上の静電気を消し、画像のあるところはレーザーを消して静電気を残して、原稿と同じ形の絵や文字の静電気の像を作るようにしているのが、「原稿書き込み装置」です。

「原稿書き込み装置」の構造は、下の絵のようになっています。

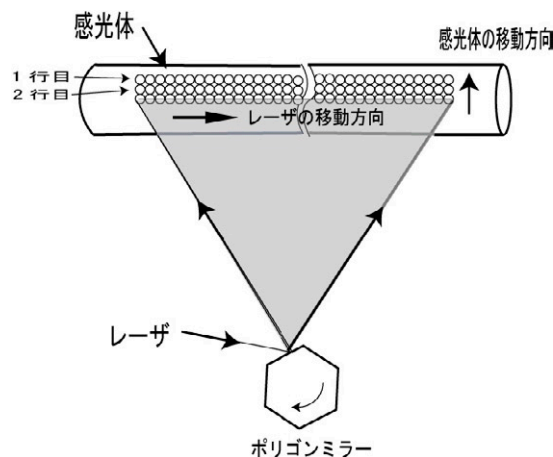


レーザー装置により発振されたレーザーは、高速で回転している六角形の形をしたポリゴンミラーによって反射され、反射されたレーザーはレンズやミラーを通して、感光体に届きます。このレーザーは、ポリゴンミラーの回転にともなって、感光体の端から端まで移動（走査）して、原稿の一行目の画像情報が書き込まれます。次のポリゴンミラーのミラー面で、同様に

して原稿の二行目の情報が書き込まれます。ポリゴンミラーは6面あるので、一回転で六行が書き込まれることになります。

この様子をもう少し説明します。下の絵は、書き込み装置を簡単な構成で描いたものです。レーザーが感光体の端から端まで移動（走査）する度に、原稿の一行が書き込まれます。この一行が書き込まれる間に、感光体は矢印の方向に一行の書きこみ幅に相当する長さだけ回転して移動し、次の行が書き込まれるようにします。

コピー機がコピーをとれる速さは、下の図の感光体の移動の速さで決まります。



感光体の移動を速くするには、レーザーの移動を速くしなければなりません。レーザーの移動を速くするには、ポリゴンミラーの回転を速くする必要がありますが、ポリゴンミラーはポリゴンモーターによって回転していますので、つまり、ポリゴンモーターの回転を速くする必要があります。

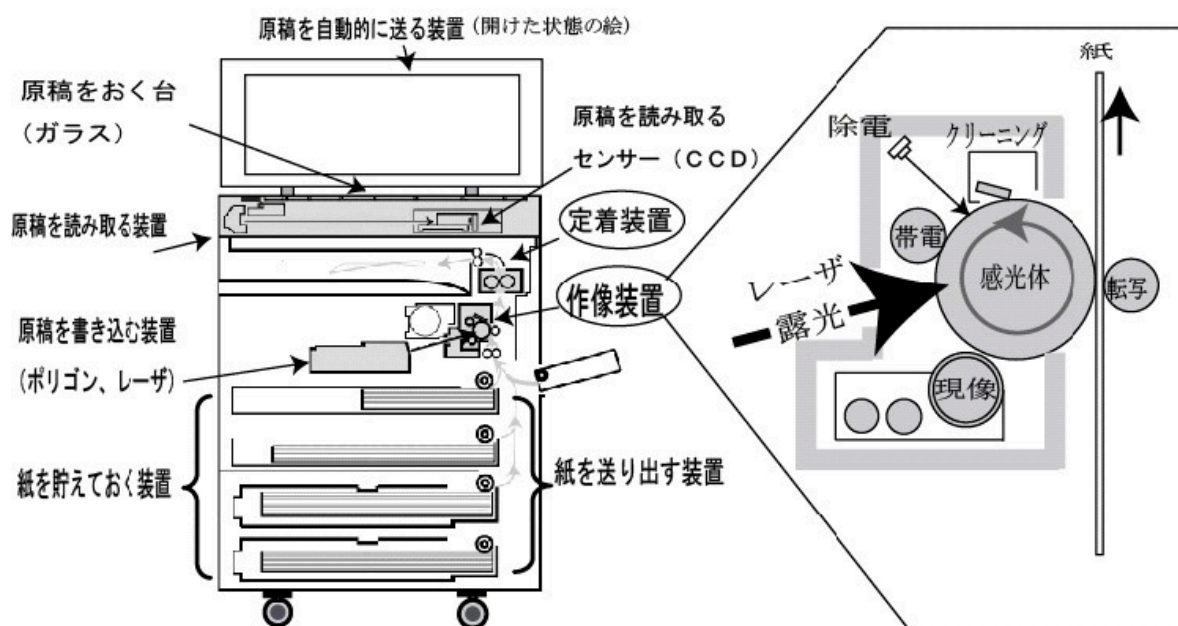
キャラバン隊の実験で使っているコピー機のポリゴンモーターの回転は1秒間に394回転します。ポリゴンミラー1回転で6行書き込めますから、1秒で感光体上に2364行書き込めることになります。

1秒間に2364 ($394 \times 6 = 2364$) 行書き込める訳ですが、これは原稿のどのくらいの幅に相当するのでしょうか。CCDの一つ一つのセンサーは原稿の縦横0.042mmの非常に狭い部分を読み取っています。1行分の幅は0.042mmということになります。そうすると1秒間に原稿の99.28mm ($2364 \times 0.042 = 99.28$) 分を書き込んでいることになります。これに合わせて、感光体も1秒間に99.28mm移動します。

このようにして、感光体に1秒間に2364行分のデジタル化した情報が書き込まれて、原稿の99.28mmに相当する静電気の像が感光体に作られることになります。

4.5 紙に画像を作る方法

感光体に静電気を与え、レーザーを照射して静電気の像をつくり、それにトナーをつけてトナーの像とし、そのトナー像を紙に移すのは下図の「作像装置」で行われています。紙に移ったトナーに熱を加え、トナーを融かしながら圧力を加えて紙にしっかりとくっつけるのは「定着装置」で行われています。また、下図にはコピー機での作像装置の場所と共に作像装置の中を拡大して、作像装置を構成する帯電、露光、現像、転写、クリーニング、除電が感光体の回りに配置されていることを示してあります。

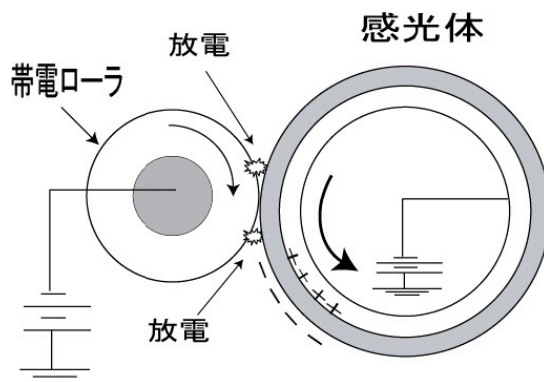


作像装置は、アナログ方式もデジタル方式も原理は同じです。つまり、「3.2 原稿と同じ像をつくり、紙に移す」仕組みで説明した「帯電→露光→現像→転写→クリーニング→除電」といった像を作り出す工程は同じということです。ここでは作像装置と定着装置について、コピーを作り出す工程順に、各装置の説明をしていきます。

4.5.1 帯電

暗やみの中で、感光体に接して配置した帯電ローラーに -1000 から -2000 ボルトの電圧を加えると、感光体との間でコロナ放電が起こり、周りの気体分子がマイナスにイオン化され、これが感光体に付着してマイナスの静電気が蓄えられます。どの位の静電気を蓄えるかというと、電圧にして -500 から -800 ボルト程度です。

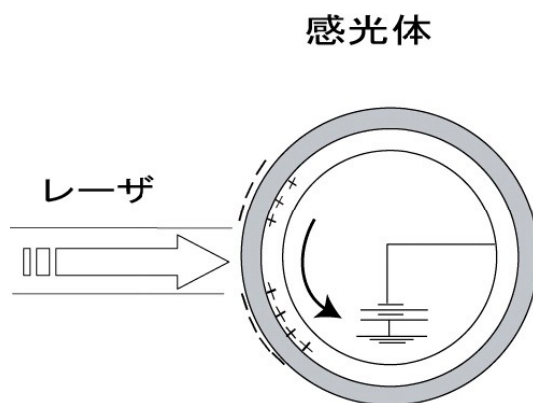
キャラバン隊が使っているコピー機の帯電装置は金属線に、 -6000 から -8000 ボルトの高い電圧を加えていますが、実際のコピー機は金属ローラーの表面にゴムとか樹脂を設けたローラーを使っています。このローラーを感光体に当てて使用すると、金属線のときよりも低い電圧でコロナ放電を発生させることができます。



4.5.2 露光

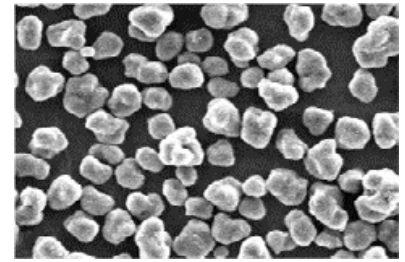
貯えられた画像情報を元に、レーザーを点灯したり、消したりしながら 1 行目から順番に書き込んでいきます。「画像が無い」情報を受け取ったときはレーザーを点灯して静電気を消し、「画像がある」情報を受け取ったときはレーザーを消して静電気を残すようにして、感光体上に静電気の像を作っていきます。

キャラバン隊の実験では、ランプの光を当てて、感光体に原稿を映して静電気の像を作っていますが、実際のコピー機はデジタル方式のコピー機なので、原稿の情報をデジタル化し、その情報をもって光の筆であるレーザーを点灯させたり、消したりして静電気の像を作っています。

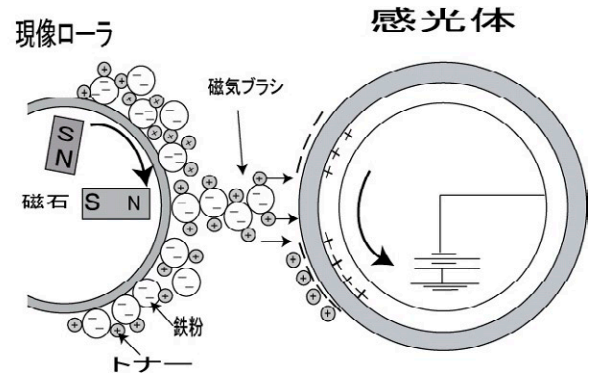


4.5.3 現像

現像は、露光によってできた静電気の像に、静電気を帯びたトナーという黒い粉をつける働きをします。このことを現像するといいます。右図にトナーの拡大写真を示します。



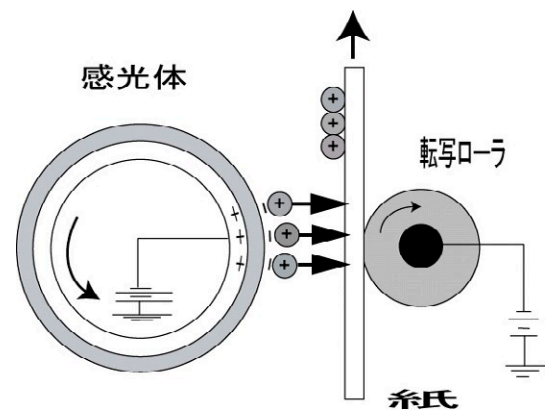
現像では、鉄粉とトナーをお互いに擦りあわせて摩擦によって静電気を作り、鉄粉はマイナスの、トナーはプラスの静電気を帯びさせています。この静電気の力でトナーと鉄粉はくっついています。右の絵では、トナーがついた鉄粉が現像ローラー内にある磁石に吸引されながら現像ローラーの回転によって運ばれる状態を示しています。感光体まで運ばれてきた現像剤は、現像ローラー内の磁石によって磁気ブラシを形成し、磁気ブラシが感光体の表面をなぞることによって感光体のマイナスの静電気像にトナーをつけ現像します。



4.5.4 転写

感光体上のトナーを紙に移すことを転写といいます。右の絵のように紙が感光体と転写ローラーの間に運ばれてきます。転写ローラーにはマイナスの電圧がかかっていて、この電圧によって生じる電氣的な力によって、感光体にくっ付いているプラスの静電気をもったトナーを、転写ローラー側に引っ張ることで紙に移します。

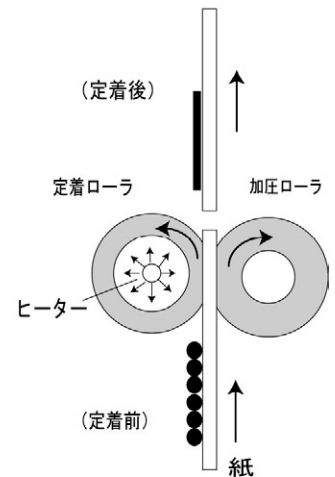
帯電と同じく、実際のコピー機の転写も金属線ではなく、金属ローラーの表面にゴムや樹脂を設けたローラーに電圧を加えてを使用しています。転写ローラーの方が低い電圧でトナーを紙に移すことができます。



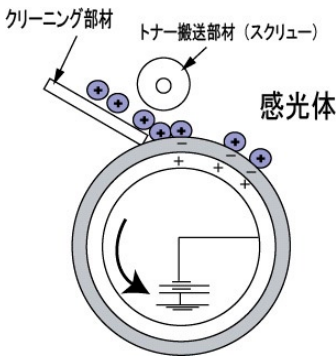
4.5.5 定着

紙に付着したトナーに熱を加えて融かし、更に圧力を加えて、紙にしっかりとくっつけるのが定着です。右の絵のように定着ローラーの内部には熱を加える為のヒータが配置されて定着ローラーを 150 ~ 160°C くらいに温めています。トナーを融かすのと同時に、圧力を加えるのが加圧ローラーです。

キャラバン隊の実験では熱しか加えませんが、実際のコピー機では熱の他に圧力を加えています。圧力を加えることで、よりしっかりと紙にくっつけることができます。



4.5.6 クリーニング



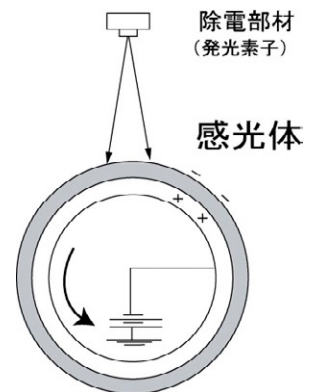
感光体上に残っているトナーを取り除くのが

クリーニングです。転写で紙に移るのは 95% 程度で、5% 程度が感光体上に残っています。絵のようにゴムでできた板状のものを感光体に押し当ててトナーを削り取っています。削り取ったトナーは、現像部に送られて再使用されます。

キャラバン隊の実験では、磁石に鉄粉をつけて静電気ので取り除きますが、実際のコピー機ではゴムでできた板状のものを使っています。この方が安いお金で作ることができます。

4.5.7 除電

感光体に残っている静電気を取り去るのが除電です。LED などの発光素子の光を感光体に照射して、感光層を電気が通りやすい性質にして逃がしています。この除電工程で作像の工程は終了です。また、次のコピーに向けて、帯電、露光といった作像の工程を繰り返すこととなります。キャラバン隊の実験では、明るいところでクリーニングを行いますので、部屋の照明の光が感光体に当たり、除電も同時に行われます。



以上で、コピーの不思議が解明されました。難しい言葉がたくさん出てくるので、一度にすべてを理解するのは難しいですが、このテキストを繰り返し読み返すことで、少しずつ理解を深めていってください。そして、どうしても解らないことがあったら、サイエンスキャラバンまで質問を送ってください。皆さんからの連絡を楽しみにお待ちしております。 [メール](#) ➔ [株式会社リコー広報部 お問い合わせ窓口](#)

リコー・サイエンスキャラバン 大解剖シリーズ 「コピー機の不思議 大解剖！」

著 者：タカハシ博士（高橋道男／株式会社リコー TCO-3R 開発センター）

発 行：2007年9月1日（改訂第一稿）

発行者：株式会社 リコー CSR 室 社会貢献推進部 〒104-8222 東京都中央区銀座 8-13-1