カラータンデム画像形成装置の色重ね技術

色重ねずれ分布を用いた目標設定と抑制技術

Color Registration Technology of Color Tandem Printer

近藤　望＊　Kondo, Nozomu
前田　裕之＊　Maeda, Hiroyuki
大本　昇＊　Oomoto, Noboru
森上　祐介＊　Morikami, Yusuke

要旨

作像ユニットを直列に配したタンデムプロセスは、それぞれのユニットが独立しているため色重ねの位置誤差である「色重ねずれ」が発生する。要因が多岐に渡るため、それらの積み重ねで生じる「色重ねずれ」は画像内で一律ではなく、分布を有している。この分布に着目し、ずれの許容値を「ずれ量」と「面積率」という新しい指標で表した。

その指標から、個々のずれ要因毎の許容分布を目標展開し、それに対する技術、機能開発の取り組みにより、簡便なシステムで必要かつ十分な品質を達成した。

Abstract

In the tandem process having imaging units arranged in series, since each imaging unit is independent, color registration errors arise. Since these color registration errors are caused by various factors and are built up with the effects of the factors, color registration errors are not uniform within a print but exhibit distributions. Paying attention to the distributions, we expressed the permissible level of color registration errors with new indexes of “amount of error” and “rate of area exhibiting the error”. By using the new indexes, we carried out target deployment with respect to permissible distribution for each factor of the errors, and developed technologies and functions to attain sufficient quality using a simple system.

1　はじめに

スクリーン技術の向上により写真画像において、ある程度の色重ねずれは品質に影響を与えないレベルに来ている。むしろ問題となるのは色文字で、許容を超えるとシャープさを失ってしまう。その意味から色重ね技術の重要性は周知の通りである。

その課題に対して、はじめに画像ページ内の色重ねずれの分布に着目した、色重ねずれの許容限界の指標を明らかにする。次に、その指標から個々の要因毎に目標値展開する。そして、個々の課題解決に取り組み、それぞれの目標値を達成する。その結果として、実用品質を満たすシステムを作り上げる。このステップと具体的な技術取り組み内容について紹介する。

2　実用的色重ね精度について

色重ねずれについて、レポートや内部調査の結果から、その許容値は概ね100～130μmである。

それに対して、我々の開発過程で「色重ねずれが非常に悪い」と指摘を受け調査した結果、全面に渡り110～140μmの色重ねずれが確認された。その一方で、部分的に170μmを超える部分があっても「良好」と評価されるケースが発生した。

130μmという指標を用いれば、上記の例はいずれも「問題あり」のはずだが、「非常に悪い」と「良好」という評価の差が生じた。この差異を考察する中で、「色重ねずれの許容値は、最大値のみで規定されるものではなく、ページ内の分布状態も考慮に入れるべき」と考えた。

実際の色重ねずれの発生要因は様々で、特にタンデムプロセスでは多岐に渡る。それゆえ１枚の画像サンプルの中には、偏りや周期的な色ずれ分布が存在する。

その事を模式的に表したのが**Fig. 1** である。色重ねずれ量を色で示しており、■は100μm以内、■は100～130μm、■は130～150μm、■は150μmの領域を示している。種々の要因を組み合わせシミュレートした例であるが、どの例も色重ねずれの悪い部分が、ほぼ均等に３つに分かれ

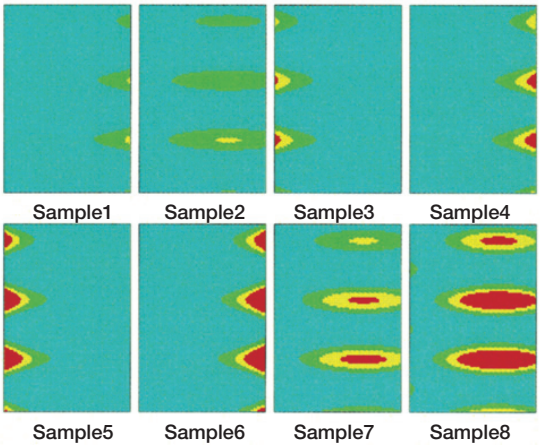


Fig.1　Samples of color registration error distribution

＊コニカミノルタビジネステクノロジーズ㈱
機器開発本部　機器第３開発センター　第31開発部

ているのは、感光体の駆動むらをノイズとして想定しているためである。

このようなページ内の分布状態が評価にどう影響するのかを**Fig. 1** に示した 8 種類の色重ねずれ分布に従って作成した画像サンプル（写真画像と 8 ～10.5ポイント色文字の混合サンプル）を用いて、官能検査を実施した。

一般の評価者は色重ねずれと文字ボケの区別はつかないと考え、いずれもノイズ対象とした。

評価は次の 3 段階で行った。

良（○）　：色重ねずれ、文字ぼけに気づかない
可（△）　：注視すれば認識されるものの、画像として満足できる
不可（×）：色重ねずれ、文字ぼけが許容できない

結果を**Fig. 2** に示す。サンプル毎に評価結果の割合を示している。Sample 3 以降では、色重ねずれ130μmを超える領域があるが、ずれに気付かなかったり、許容出来る場合が大半であるという結果である。

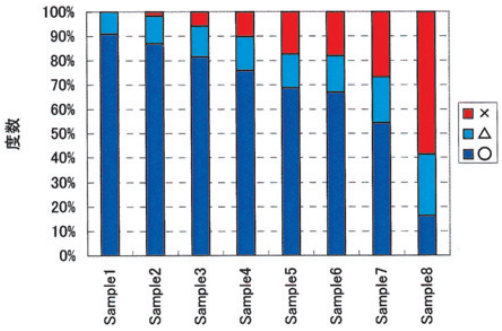


Fig.2 Result of sensory evaluation on color registration error distribution

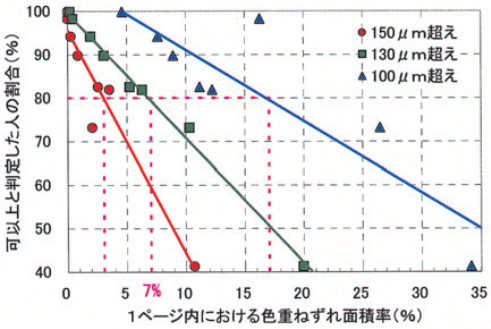


Fig.3 Result of sensory evaluation vs. rate of area

これは、文字を目で追っていく際に、一時的に色重ねずれや文字ボケがあっても、その周囲でずれが回復していると存在を感じないことを示している。あるいは、ずれを感じても直ぐに回復することで許容されていると考えられる。

そこで、**Fig. 3** のように、横軸に、各サンプルのページ内で或る色重ねずれ量（150μm/130μm/100μm）を超える部分の面積率を取り、縦軸には官能評価で「可」以上と判定した人の割合を取り整理すると、各ずれ量とも相関をもつことが確認された。

ここで、80%以上の人が「可」と判定する値を許容範囲と定義する。最も相関の強い130μmを判定基準とすれば、それを超える面積率 7 %がページ内分布の許容面積率であり、これを我々の目標分布とした。

3　色重ねずれの要因と目標値の割付け

色重ねずれの要因

色重ねずれは、大きく主走査方向と副走査方向に分かれる。それぞれの方向において発生する現象は**Table 1** のように 4 つの項目に分類できる。さらに、各項目の発生要因を要因欄にまとめた。これらすべてが色重ねずれの発生要因である。

Table 1 Factors of color registration error

	項目	現象	要因	参照
主走査方向	全体倍率ずれ	用紙搬送方向	検出誤差/補正分解能 環境/経時 ポリゴンジッタ	
	①部分倍率ずれ		露光ユニット調整誤差 取り付け/歪み 環境/経時	4. 2 4. 1
	変動		中間転写ベルト蛇行 感光体スラスト振動	
	②オフセット		検出誤差/補正分解能 露光ユニット環境/経時	
副走査方向	③スキュー	用紙搬送方向	露光ユニット調整誤差 環境/経時 筐体位置決め誤差 感光体軸位置誤差	4. 2 4. 1
	④ボウ		露光ユニット調整誤差 環境/経時	4. 2
	⑤変動		感光体回転ムラ 中間転写ベルト搬送ムラ 通紙など外乱による変動	4. 4 4. 3 4. 3
	⑥オフセット		検出誤差/補正分解能 環境/経時	4. 2

目標値の割付け

Table 1 の通り、ずれの要因は多岐に渡り、それらの積み重ねとして色重ねずれが生ずる。総合的なずれ量がどのような分布になるか予め分かれば、そこから各要因に割付けていくことが可能だが、実際には総合的ずれの分布は不明である。

そこで、はじめに個々の要因で生じる色重ねずれの分布を部品公差や従来の実績値を元に仮設定する。次に、それらの分布を合成することで総合的色重ねずれの分布を求める。その分布が目標を満たせば、仮設定した個々の分布も目標として適切と判断する。逆に目標を満たさなければ仮設定値が不適切と判断し、個々に戻って設定値を見直す。これを繰返すことで適正な割付けを行った。

以下にその割付け方法の詳細について述べる。

STEP 1「分布の仮割付け」

Table 1で示した8つの項目のうち、6項目の分布を示したのがFig. 4(a)である。(「全体倍率ずれ」「主方向の変動」は他に比べずれ量が非常に小さいため省略)

主、副共にオフセットはどの機械においても、補正をかける度に変動するものであり、発生は一様分布とした。それ以外の項目は機械毎に固有の値をもつが、それぞれ正規分布と仮定して、これまでの実績値を元に3σ値を仮設定した。STEP 4で述べるが、総合分布を算出した際に許容値を超えるようであれば、この工程まで立ち返り、個々の要因に対する設定値を見直す。

STEP 2「総合色重ねずれの分布シミュレート」

(a)の6つの分布が重なって発生するトータルの色重ねずれがどのような分布を示すか、乱数を用いて10,000台分シミュレートしたのがFig. 4(b)である。

これは個々の機械に発生する最大の色重ねずれの分布を示している。(b)の中で塗りつぶした部分は、最大のずれ量が130μmを超える機械を示している。逆に言えば、その他の機械は何枚プリントしようと130μmを超える色重ねずれは発生しないことを示している。

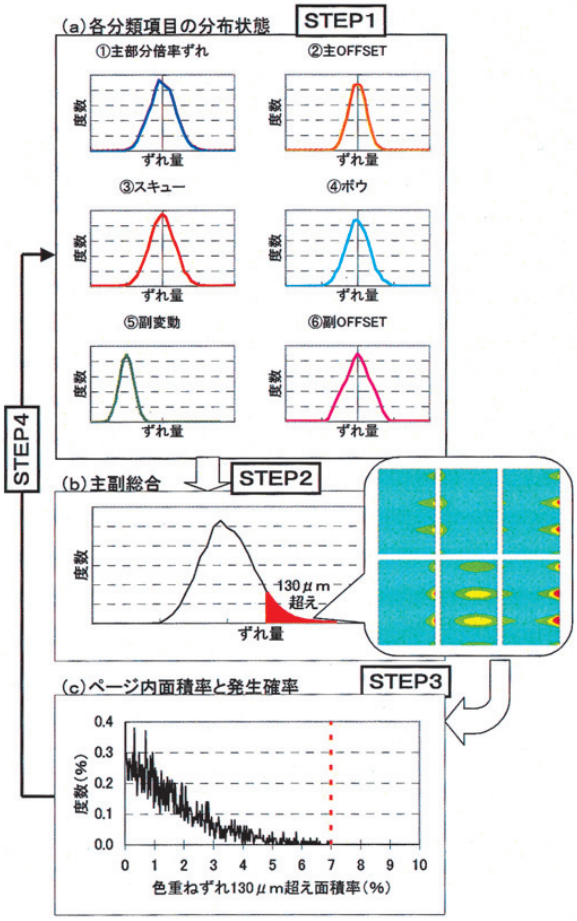


Fig.4 Process of allotment

STEP 3「ページ内分布のシミュレート」

塗りつぶし部分に属する機械は、印刷の際に130μmを超える可能性をもつが、2項で述べた通り、どれだけの面積が超えるかが機械としての合否の分岐点である。

ここに属する機械の中でも、スキューの大きいもの、変動の大きいものなど、それぞれ特徴をもつ。そのため、プリントされる画像もFig. 4の「吹出し」に6つの例を示すように様々な分布を示す。これらの分布状態をすべてシミュレートすると、例えば130μmを超える面積率2%の機械は0.2%の確率で発生するという試算ができる。その130μm超え面積率と、その発生確率で整理したものが(c)である。

Fig. 4の例では、130μm以上の面積率が、2項で述べた許容値7%を超えるものの発生率が0となっており、STEP 1で設定した各項目の分布、延いては個々の要因の分布が目標値として適切であることを示している。

STEP 4「割付けの確認」

上記は適切な分布が割付けられた例だが、STEP 3で総合分布が目標未達であった場合、一つずつの発生要因に立ち返り公差を再検討する。これを繰り返すことにより、それぞれの要因に対して適切な目標値に至る。

4 主要な取り組み技術

前項で挙げた個々の要因が割付けた分布を満たすことで、実用的な色重ねずれ性能を満足するが、その為には、発生要因それぞれの現象を的確に捉え、特性毎に機械的精度の追求、周期性を持つズレは相殺できるようレイアウト設計、制御による解消、生産時調整など対応の仕方を見極める必要がある。代表的な取り組みを以下に紹介する。その取り組み項目はTable 1の参照欄に見出し番号を記載したので参照されたい。

4．1 筐体

筐体に求められる機能で最も重要なのは、4本の感光体ドラムを平行に維持することである。

Fig. 5(a)は各感光体が平行な状態である。それに対して(b)は水平面内で平行度に誤差が生じた状態でスキューが発生する。(c)は垂直方向の平行度に誤差が生じた状態で、スキューに加えて主走査方向の部分倍率誤差が発生する。水平面内の平行度は、介在する部品をすべて排除し、前側板、後側板それぞれに設けた4色一体の感光体位置決め部材に直接感光体の軸受を当接する方式で達成した。

垂直方向のずれについては、初期の部品精度だけではなく、運搬や設置場所の凹凸などの外乱に対して生じる筐体の捩れが課題となる。

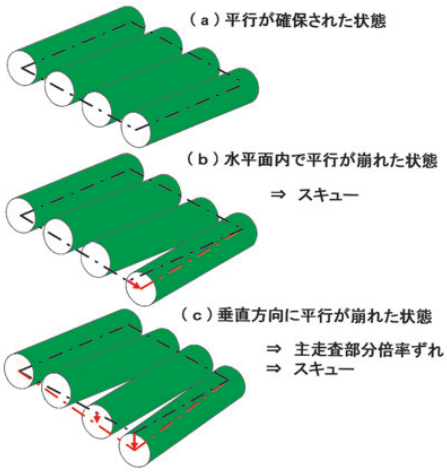
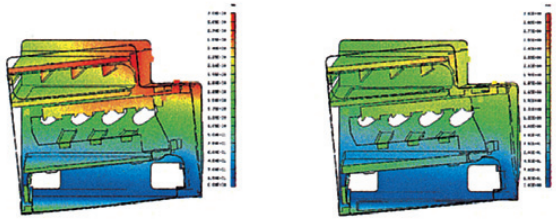


Fig.5 The error of parallel of a photo conductor



(a)設置面の凸凹により捩れた状態　(b)捩れを改善した状態

Fig.6 Analysis model of Frame

これに対して、荷重量やポイントを想定し、CAEモデルに盛り込み解析を進めた。**Fig. 6** (a)は設置場所の影響を大きく受け、前後の側板が捩れた状態である。これは、**Fig. 5** (c)で説明した状態で好ましくない。ここで、板厚、絞り形状、梁形状や位置などを制御因子として改善し、**Fig. 6** (b)のように歪みを半分以下にした。

4．2　一体型露光ユニット

Fig. 7 に露光ユニットの断面図を示す。左端下部にポリゴンスキャナを配置したのが特徴で、各色とも走査方向を揃え、4色でのレンズの共有（レンズ1）あるいは同種レンズ（レンズ2）を使用することで、ボウや部分倍率誤差など露光ユニットで生じる色重ねずれ要因を抑制している。

ここでの課題は、熱変形によるビーム照射位置の変動である。ポリゴンモータは3万回転/分を超える速度で回転する為、大きな発熱を伴う。小型化により排熱効率が低下したハウジング内の温度変化は5度/分を超える場合もあり、熱変形により急激にレーザーの照射位置が変動する。

それに対する処置として、露光ユニット内の温度変化

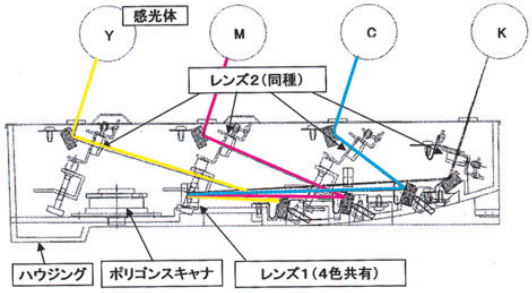


Fig.7 Section of exposure unit

を検知し、そこから照射位置の変動を推定し補正する手段をとった。

ここで必要な条件は、1．変形の再現性があること、2．検出温度に対して色重ねずれ量が一義的に決まることである。

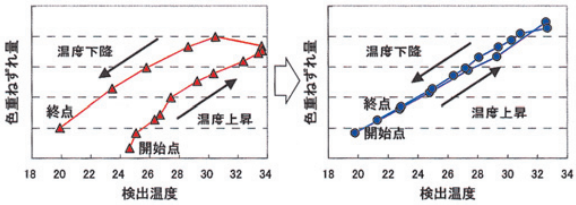


Fig.8 Reproducibility in temperature rise and fall

しかし実際は露光ユニットを本体に取り付けることで **Fig. 8** 左の如く、温度昇降時、初期の状態に戻らず再現性が得られなかった。本体と露光ユニット結合による残留歪みが原因である。当接部のすべり性を高め、圧力の掛からない保持方法とし**Fig. 8** 右のように完全な再現を得られるようになった。

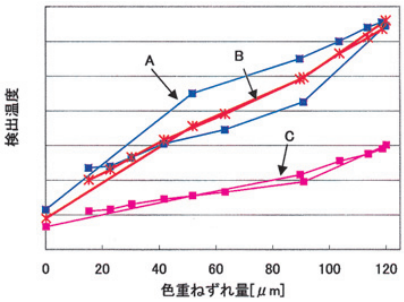


Fig.9 Difference of hysteresis with a detecting point

さらに、検出温度と色重ねずれが一義的に決まるためには、温度の上昇時、下降時とも同じ特性を示す必要がある。しかし、検出ポイントの温度と実際に熱変形する部分との温度変化にタイムラグが存在し、**Fig. 9** のAのグラフのようなヒステリシスを生じた。また、ヒステリシスが小さくても**Fig. 9** のCのグラフでは感度が低く誤差を生じやすい。

CAE解析により、感度が高くヒステリシスの小さい検温ポイントを探した。その結果、発熱源の近傍が適することが解明された。しかし、実機測定では解析に盛り込めていないポリゴンスキャナ回転よる風が外乱となり安定せず、解析結果が再現しなかった。そこで実機実験により整流板の配置を適正化した。こうして解析と実測の融合により最適な検温ポイントを定めた。それがFig. 9のBである。

4．3　転写ベルト周辺

中間転写ベルト方式を採用しているが、このベルトは4色の像を感光体から順次受取り、すべて重ねて一括で紙に転写する役割を担うため搬送性能が重要である。その安定性を妨げる要因二件に対する方策を述べる。

転写ベルト厚みむら

駆動ローラが安定回転してもなお、ベルトの僅かな厚み誤差が大きな色重ねずれを招くことが課題である。

ローラに巻き掛かり駆動される転写ベルトは、その厚み誤差が駆動半径の変化として作用するため速度むらを生じ、結果として色重ねずれを生じる。

Fig.10は、不良ベルトの例である。厚みむらの幅は抑えられているが、色重ねずれに換算すると許容値を超えてしまっている。ベルト一周の中で大きな周期で厚みに偏りがあるのが原因である。

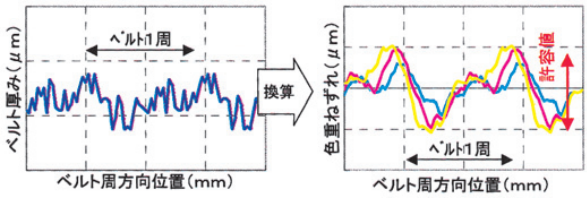


Fig.10 An example with the bad unevenness of belt thickness

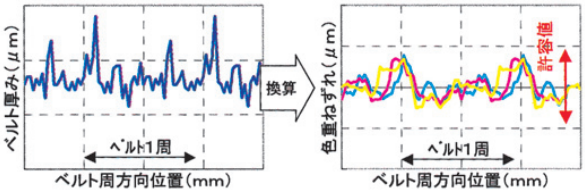


Fig.11 An example with the sufficient unevennessof belt thickness

型精度はもちろんだが、成型の速度／バランスを制御し、大きな周期の偏りを抑制するために細かい周期のうねりを許容した。優先度をつけ条件を追い込むことで、Fig.11のように、部分的に厚みむらの大きな所があるが、色重ねずれとして良好なベルトが得られるようになった。

通紙ノイズ

転写ベルトの安定性を妨げる要因として通紙ノイズがある。Fig.12に示したのは二次転写工程周辺の構成である。用紙が転写ベルトに衝突する際、二次転写ニップへの噛み込む際、またニップから抜ける際にそれぞれ搬送を乱す。紙の厚みが増せばその傾向は強くなる。

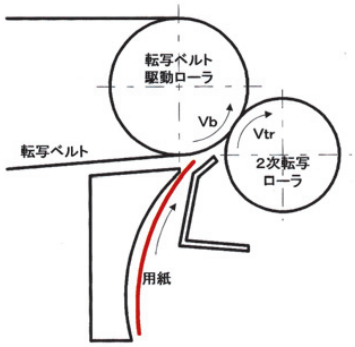
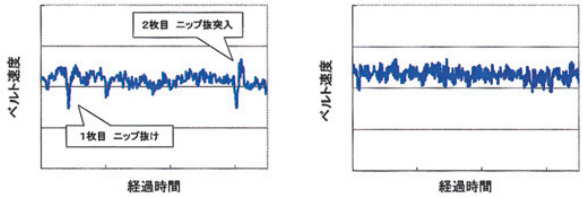


Fig.12 Composition around of the secondary transfer

それに対して、突入前で紙の腰を折り、用紙の剛性を落とすとともに、突入角度を和らげるような経路を形成している。

さらに、ニップ部では、転写ベルトと転写ローラに速度差（Vb≠Vtr）を持たせることで急激な変動を回避している。Fig.13は処置前後の転写ベルトの挙動を比べたものである。ニップへの噛み込みや抜けのノイズが軽減しているのが分かる。



(a) 処置前　　(b) 処置後

Fig.13 The effect on a stability of transfer belt speed

4．4　高精度ギア駆動系

近年、成型技術が向上しJGMA 1級、0級といったギアが実用化され、ギアの誤差による色重ねずれは小さくなっている。

一方、精度を追求しているものの感光体ドラムや現像ローラなどの振れは皆無では無く、その振れによる負荷変動から色重ねずれを生じる現象が課題となる。

Fig.14で処置前と記したグラフは感光体に擬似的に±2Ncmの負荷変動を与えたときの回転位置誤差である。これを受け、モータギア軸から感光体まで駆動伝達系をモデル化し、静的な捩れ（歪み）解析をした結果Fig.15にある連結部材の強度が不足している結果を得た。

連結部材には摺動性も必要であることから摺動材と強化繊維を併用した材料を採用した。また、ラジアル方向のリブを多用し強化した。その結果がFig.14の処置後と記されたグラフで目標とした捩れ剛性を確保した。

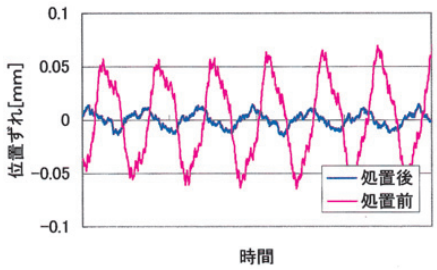


Fig.14 The position error to load change

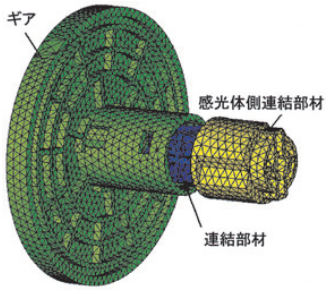


Fig.15 The model of a photo conductor drive system

5 まとめ

以上のような、それぞれの取り組みの結果として、各要因毎の目標分布を達成した。

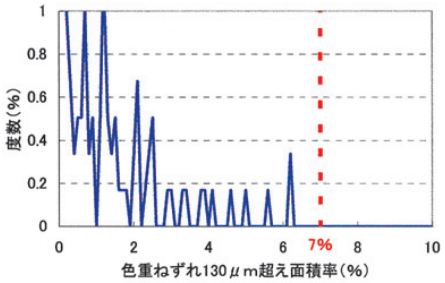


Fig.16 actual results to the target

実際の機械（600例）から得られた総合分布の統計結果をFig.16に示す。横軸は130μmを超える部分の面積率、縦軸は各面積率の発生する頻度を示す。

Fig. 4(c)に示した目標分布７％以下に対して、満足出来る実力である。

ここに述べてきた目標設定の手法を他の機種へ展開する場合、システムによっては分布の様相が異なることもあり得る。具体的数値を決める際は、その都度確認が必要だが、基本的な考え方を展開することは可能である。

6 色重ね技術の遷移

他社の製品を含め重厚なメカ、場合によっては、それに高度な制御を加えたシステムが中心であったが、近年は簡便な機構になってきている。

自社の先行機種を例にとると、感光体の駆動系において遊星ローラ減速機構とフィードバック制御を組み合わせたシステムを用いていたが、その後は高精度ギアを用いた駆動システムに移り変わっている。

露光光学系としてはLED露光から４連のレーザー走査系としている。また、ボウ、スキューなどの歪みを画像データ側で補うように補正していたものを、部品の精度や初期調整で達成している。

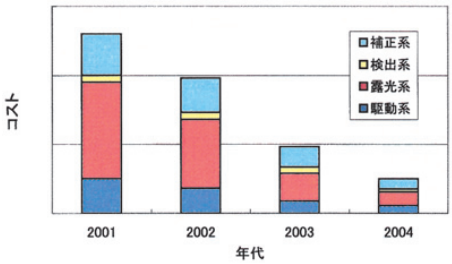


Fig.17 Changes of color registration technology from cost

これまでの技術の流れをコストという指標で追ってみると、Fig.17のようになる。

先の２機種はMFPであり、色重ねずれ性能では１割ほど優れていることを差し引いても、ここで紹介したことをはじめとする技術開発が大きなコストダウンという形で現われている。

7 謝辞

本技術はタンデムプロセス開発着手以来、多数の方々の功績により得られたものであり、この度代表して紹介させて頂いた次第です。これまで携わってこられたすべての方に深く感謝し致します。

●参考文献

１）臼井　聡、城戸　衛、北野　賀久
Fuji Xerox Technical Report No.11 1996
カラー・レジストレーションが影響する文字品質の官能評価と要因分析