

高精細レーザプリンタ“SL-2000”

High Resolution Laser Printer “SL-2000”

レーザプリンタは、高速かつ高品位の印字が可能なおことから各種OA機器の出力端末として用途が拡大してきている。

近年、これらOA機器は機能や処理速度に加え、多種多様な書体での文字や中間調を含む画像を取り込んだ自然で親しみやすい印字出力が要求されてきている。

このようなニーズにこたえ、印刷並みの高品位印字が可能なレーザプリンタSL-2000(以下、SL-2000と略す。)を発売した。

SL-2000は、ベタ黒濃度が高く、かつ24ドット/mm(600 dpi : dot per inch)の高精細印字を最大A3サイズ of 用紙に高速で出力でき、ワードプロセッサをはじめ光ファイル、電算写植、DTP(デスクトップパブリッシング)など高品位画像の出力端末に適している。

寺嶋 勇*	Isamu Terashima
島田 昭**	Akira Shimada
田鎖 功治***	Kôji Tagusari
丸山 竹介****	Takesuke Maruyama

1 緒 言

OA機器は文字、記号の処理から図形、イラスト、写真などの処理へと多様化するとともに、その印字品質はより高品位なものが望まれている。また用紙も、目的、用途に応じ、サイズ、厚さ、平滑度などの多様化に加え、再生紙を含む種々の材質に対しても印字できることが望まれている。

日立製作所ではこのようなニーズに対応して、これまでのOA機器用レーザプリンタSL-1000¹⁾の後継機として、高精細・

高品位を基本コンセプトとし、かつ多様な用紙に対しても、所定の印字性能、通紙性能を維持できることを目標とした小形、高信頼性のレーザプリンタSL-2000(以下、SL-2000と略す。)(図1)を開発した。

以下に、SL-2000の概要と、この性能を決定づける光学系、印写系、駆動系、用紙搬送系について述べる。

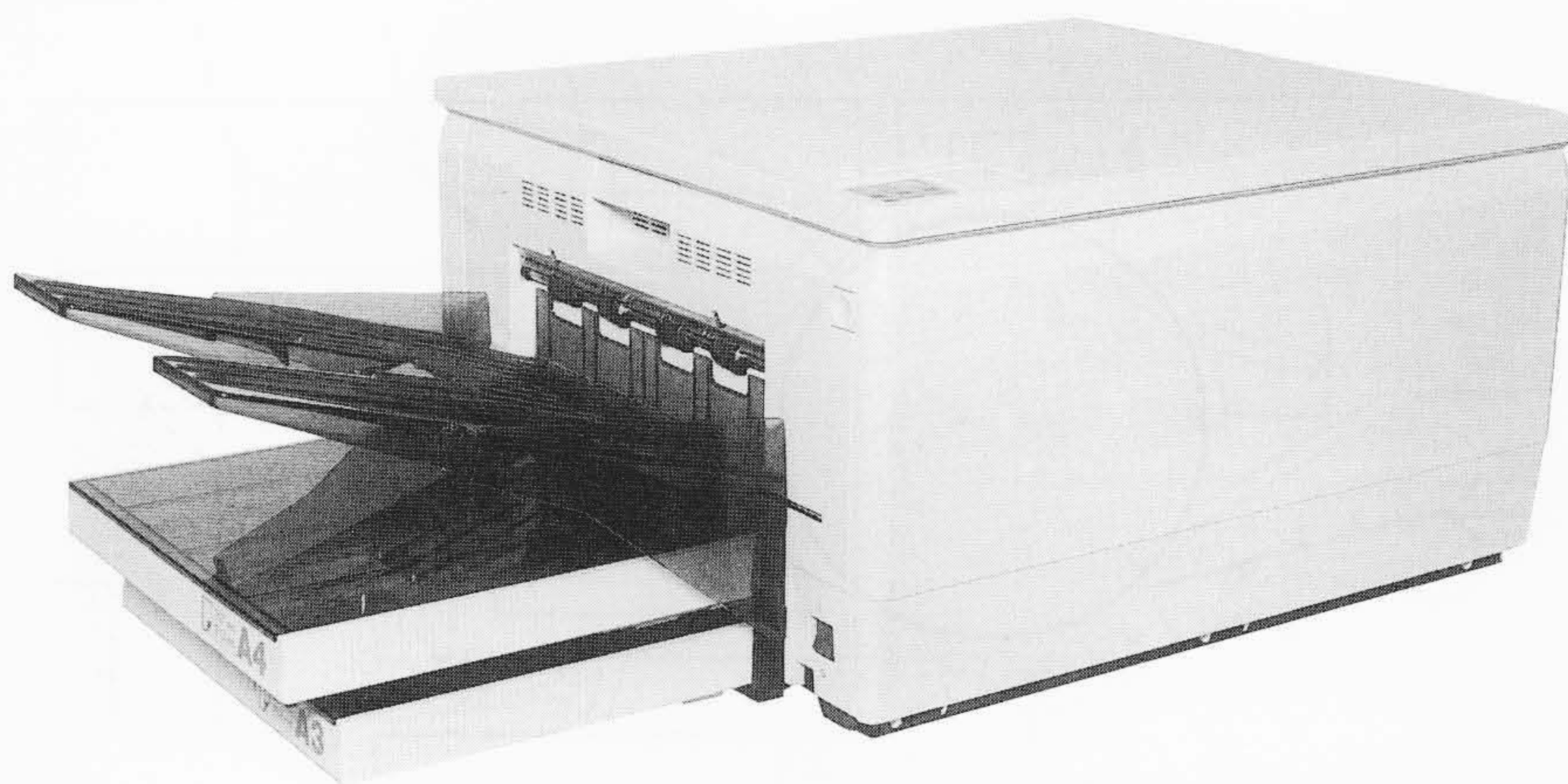


図1 レーザプリンタSL-2000の外観 24ドット/mm(600 dpi : dot per inch)の高精細・鮮明印字を可能としたレーザプリンタの外観を示す。

* 日立製作所 多賀工場 ** 日立製作所 日立研究所 *** 日立製作所 機械研究所 **** 日立製作所 映像メディア研究所

2 SL-2000の概要

2.1 構成

本機は図2に示すように、レーザ光源、レーザ駆動回路、 $f\theta$ レンズおよびポリゴンミラーで構成される光学系、感光ドラムや現像器などで構成される印写系、感光ドラムや現像器を駆動する駆動系、ならびに用紙搬送系によって構成され、外部からのビデオ信号に応じて画像が再生される。

2.2 仕様

本機の仕様を表1に示す。

2.3 特長

- (1) 高精細600 dpi(dot per inch)の鮮明印字
高精度メカニズム、微細トナー、微小スポットレーザ光学系の開発により、600 dpiの本格的な高精細、鮮明印字ができる。
- (2) 高速、高デューティ、高信頼性
長寿命、高信頼設計により、400 dpiなら25枚/分、2万5,000枚/月、600 dpiでは12枚/分、1万2,000枚/月の高速、大量出力ができる。
- (3) 前面給排紙、コンパクト設計
システム整合性の良い前面給紙、コンパクト設計により、このクラスでは最高の使いやすさを持っている。
- (4) イージーメンテナンス
消耗品、保守部品をすべてユニット化したイージーメンテナンス設計である。

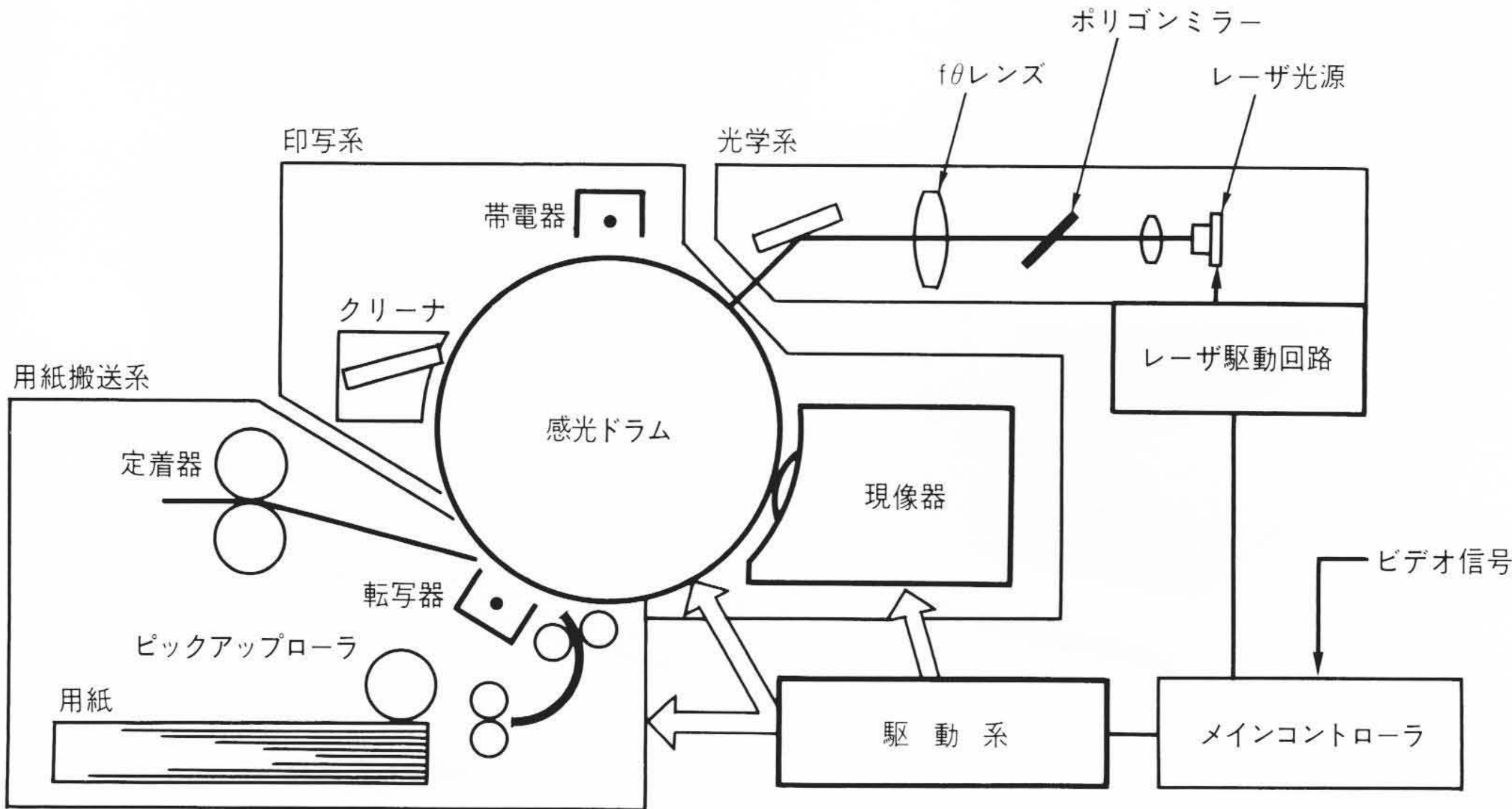
表1 主要製品仕様 600 dpiの高解像印字性能を持つSL-2000HRと400 dpiで毎分25枚の高速印字性能を持つSL-2000の基本仕様を示す。

項目 \ 形式		SL-2000HR	SL-2000
プリント方式		半導体レーザ+乾式電子写真方式(二成分現像)	
ドット密度		600/480 dpi	400/300/240 dpi
印字速度		12 枚/min	25 枚/min
用紙サイズ		A3, A4, A5, B4, B5	
給紙		二段カセット自動給紙(250枚/カセット)	
排紙		フェイスアップ	
紙容量		300枚	
ウォームアップタイム		120 s以下(室温20℃)	
ファーストプリントタイム		約12 s(A4)	約6 s(A4)
使用環境条件	温度	10~35℃	
	湿度	20~80%	
騒音		58 dB以下	
使用電源		AC100 V・50/60 Hz	
消費電力		最大1.2 kW	
外形寸法		幅535×奥行600×高さ350(mm)	
質量		約60 kg	
インターフェース		ビデオインターフェース	

注：略語説明 dpi(dot per inch)

3 光学系

OA機器の出力端末に用いられる高精細レーザプリンタとして、高解像度と小形化とを両立させた走査光学系の開発を進めた。開発した光学系ユニットの外観を図3に示す。
本光学系は、波長780 nmの半導体レーザを光源として、偏



注： $f\theta$ レンズ(エフシータレンズ)、ポリゴンミラー(回転多面鏡)

図2 レーザプリンタSL-2000の構成 本プリンタは光学系、印写系、用紙搬送系、駆動系から構成され、外部からのビデオ信号でレーザを駆動することによって画像再生を行う。

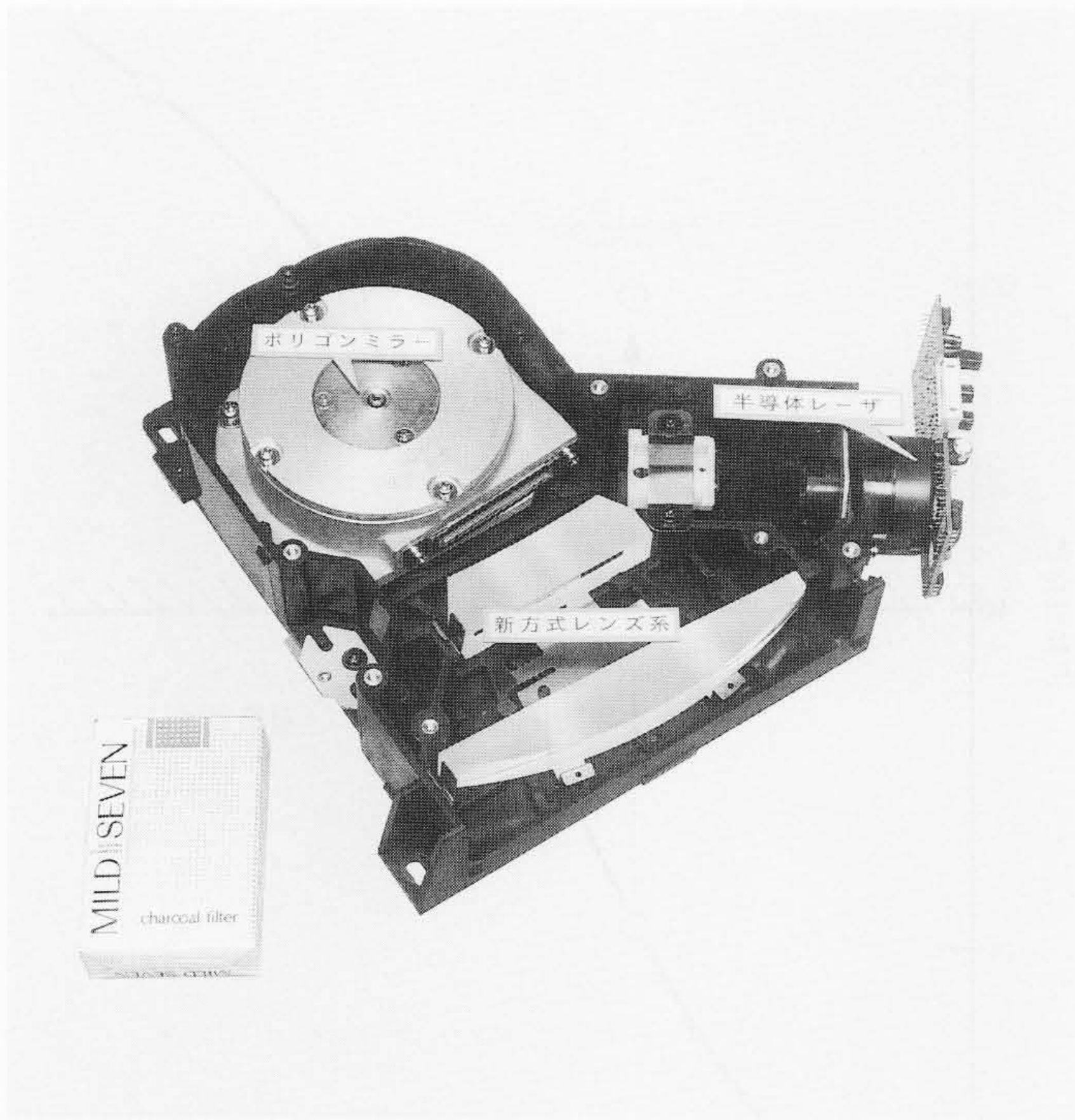


図3 走査光学系ユニットの外観 半導体レーザ，ポリゴンミラーおよび新方式レンズ系を精密モールドのハウジングに組み込み走査光学ユニットとしている。

向角(全角)：64度，有効走査幅300 mmで，走査スポット径：60 μm ，走査位置によるスポット径の変動：2 μm 以下，走査位置誤差：0.2 mm以下の小形走査光学系を実現している²⁾。

本光学系の特長を以下に述べる。

(1) 大口径・低収差光学系

ガウスビーム追跡と回折積分による解析手法を取り込んだ独自の波動光学的光学設計プログラムを開発した。このような解析技術を駆使した光学設計により，図4に示すような走査全域で乱れない均一な走査スポットを持つ光学系を実現した。

(2) 小形，面倒れ補正f θ レンズ

(a) f θ レンズとして，新規の面形状構成によって，レンズ枚数を2枚に削減(従来このクラスでは3～4枚構成)するとともに，上記のような走査スポット径60 μm の大開口で低収差のレンズ系を実現した。

(b) ポリゴンミラーの反射面に，いったんビームを収束させる完全共役光学方式を採用し，ポリゴンミラーの反射面の面倒れの許容値を2.5分(従来機の10倍以上)と大幅に緩和，これに対する走査線間誤差4 μm 以下を実現した。

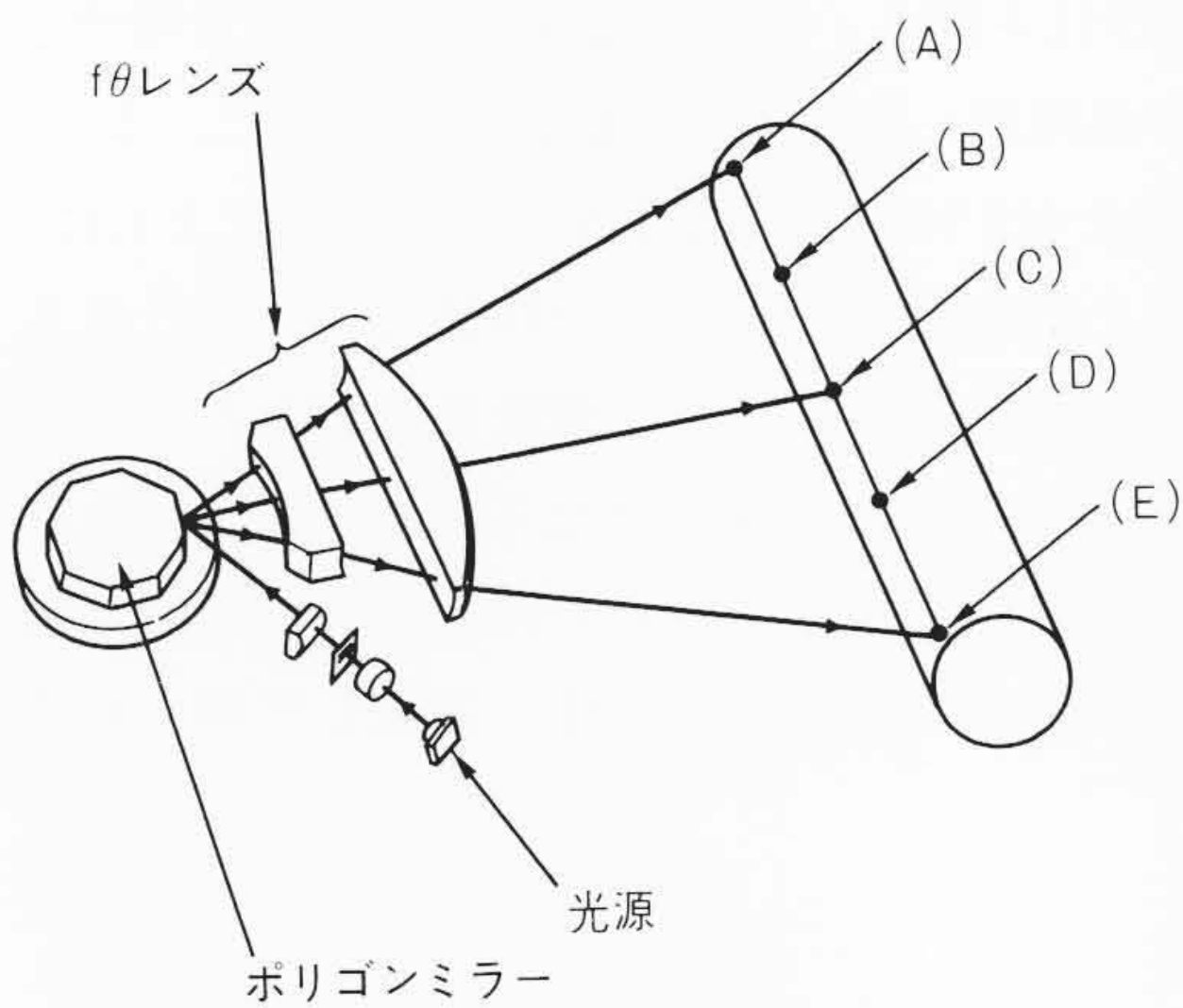
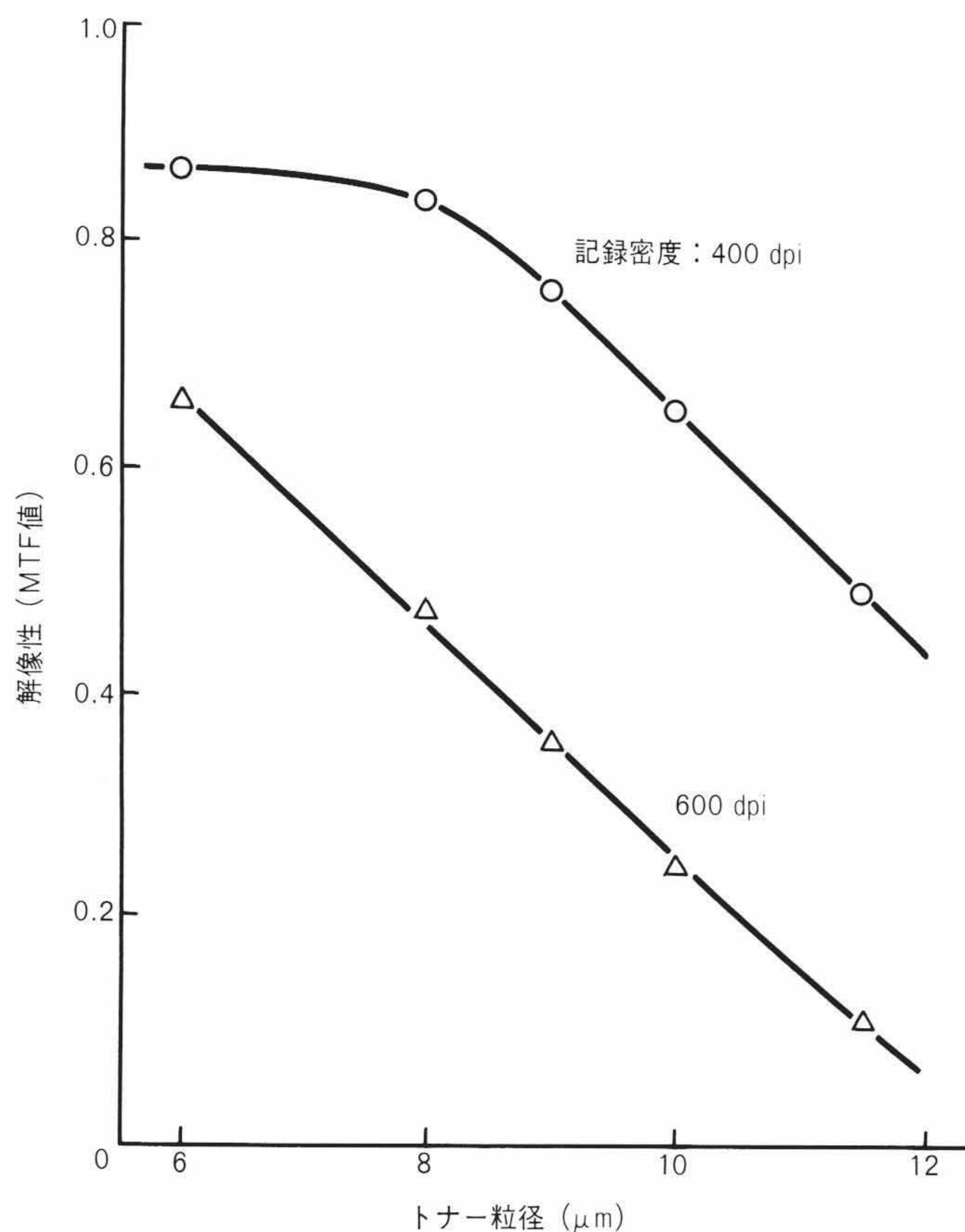


図4 光学系の走査スポット形状 走査位置(A)～(E)での走査スポットの形状を，実測と計算を比較して示す。走査の全域で乱れない均一な走査スポットを実現している。

走査位置	実 測 値		エ ネ ル ギ ー 分 布 計 算 値	
	ス ポ ッ ト 形 状	ス ポ ッ ト 径	等 高 線 図	立 体 線 図
+148 mm (A)		(主走査方向) 61 μm		
		(副走査方向) 61 μm		
+74 mm (B)		62 μm		
		60 μm		
0 mm (中央) (C)		61 μm		
		61 μm		
-74 mm (D)		61 μm		
		62 μm		
-148 mm (E)		60 μm		
		60 μm		



注：略語説明 MTF (Modulation Transfer Function)

図5 トナー粒径と解像性の関係 トナー粒径は平均値、解像性は白黒交互のラインペア記録画像のMTFを測定した値である。

4 印写系

印写系では、高解像度記録に適した現像方式および現像剤を開発すると同時に、感光体周りに付随した各プロセス間の整合をとることによって、安定した高精細記録を実現した³⁾。

現像方法としては、キャリアとトナーを混合した2成分現像剤を用いた磁気ブラシ反転現像法を採用することにした。2成分現像方式で、高解像度記録を実現するためには、トナーの小粒径化が重要である。トナー粒径と記録画像の解像性の関係を調べた結果を図5に示す。記録画像の解像性は、光学系の解像性を評価する方法と同じMTF (Modulation Transfer Function) によって白黒交互のラインペアの再現性を評価するとともに、解像目標をMTF値で0.5以上とした。この結果から、400 dpiでは粒径11 μm以下のトナーを、600 dpiでは粒径8 μm以下のトナーを用いる必要がある。

一方、トナーの小粒径化に伴い種々の問題が生じる。その第一が、流動性が低下して凝集が起りやすくなることである。トナー粒径と流動性の関係をパウダーテストで調べた結果を図6に示す。トナーを小粒径化すると表面積が増え、流動性が急激に悪くなる。粒径9 μm以下のトナーは流動性指数

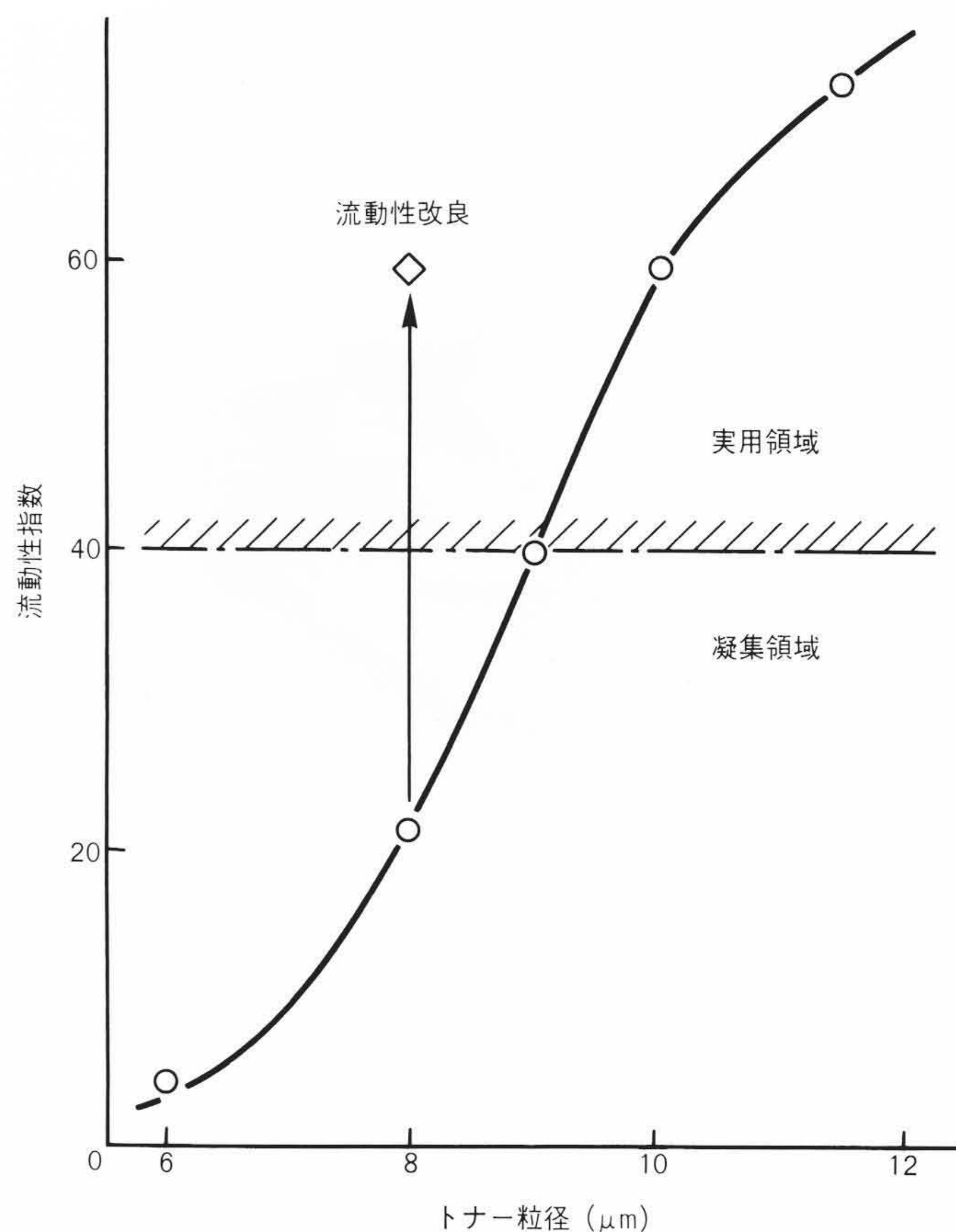


図6 トナー粒径と流動性の関係 トナー粒径は平均値、流動性指数はトナーの圧縮度から算出した値である。

が40以下となり、実用上問題となる⁴⁾。そこで粒径8 μmのトナーについて、表面処理剤の外添方法を改良し、流動性を粒径10 μmのトナーとほぼ同じに改善することで実用化を図った。

トナーの小粒径化は、流動性の低下のほかにトナーの帯電安定性の悪化、トナー飛散の増加などの問題を引き起こす。そのため、現像剤に用いるキャリアも、粒径を従来の130 μmから90 μmと小粒径化を図り、実効的なキャリア面積を増やし摩擦帯電性および現像部へのトナー供給能力を上げた。また、トナー自身も帯電分布が均一になるように改良するとともに、現像器ではトナーの混合攪拌(かくはん)特性に合うようにトナー補給方法の適正化を図り、トナー飛散を低減した。

このように、本印写系では現像プロセスの適正化を図ると同時に、使用状況での耐環境性や寿命の問題を十分考慮した検討を行い、高精細で高品位な記録画像が安定して得られるようにした。

5 駆動系

一定速の回転が求められる感光ドラムに速度変動が生じると、ドットのピッチずれが生じる。高周波のピッチずれでは、ドットの重なりが発生するため、解像度の低下となる。また、低周波のピッチずれは、特にハーフトーン画面の濃度むらと

なって現れ、いずれの場合も印字品質の低下を招く。本機構では、感光ドラム速度変動を低減するために次の改善を行っている。

- (1) 動力源にコギングの少ない面対向形直流ブラシレスモータを採用した。
- (2) 動力伝達系を現像系と感光ドラム系の2系統とし、それぞれに独立に電動機を配置し、負荷の大きい現像系を別系統とした。
- (3) 防振のため、歯車とベルトを組み合わせている。

さらにこの伝達系に対し、開発した歯車系のねじり振動シミュレータを用い⁵⁾、歯車およびベルトの伝達誤差によって生じる感光ドラムの速度変動を解析し、動力伝達系の配置と速度比配分の適正化を行い、さらに各段ごとの歯車精度が感光ドラムの速度変動に及ぼす影響を検討し、**図7**の一例に示すようにそれらの最適化を図った。また、歯車系の固有振動数をホルツァ法によって解析し、各段のかみ合い周波数との共振を避ける構成とした。

その結果、プロセス速度125 mm/sで、感光ドラムの速度変動を±2%以下にすることができた。

6 用紙搬送系

用紙搬送系では、国内や海外の市場で使用されている多様な用紙を高信頼で搬送することが必要になる。レーザプリンタの用紙搬送系は、給紙部、転写部、排紙部に大別できる。従来機レーザプリンタSL-1000での実績では、用紙トラブルの約80%が給紙部に集中している。このため、本搬送系では給紙性能向上を図った。

給紙部の機構は**図8**に示すように、カセットから用紙を繰り出すためのピックアップローラと、繰り出された用紙を1

枚ずつに分離するための摩擦分離パッドで構成されている。このような構成による給紙方法では、前記構成部材と用紙との摩擦係数、用紙と用紙の摩擦係数によって、給紙性能が大きく左右される。用紙は表面の平滑度により、粗面紙、一般

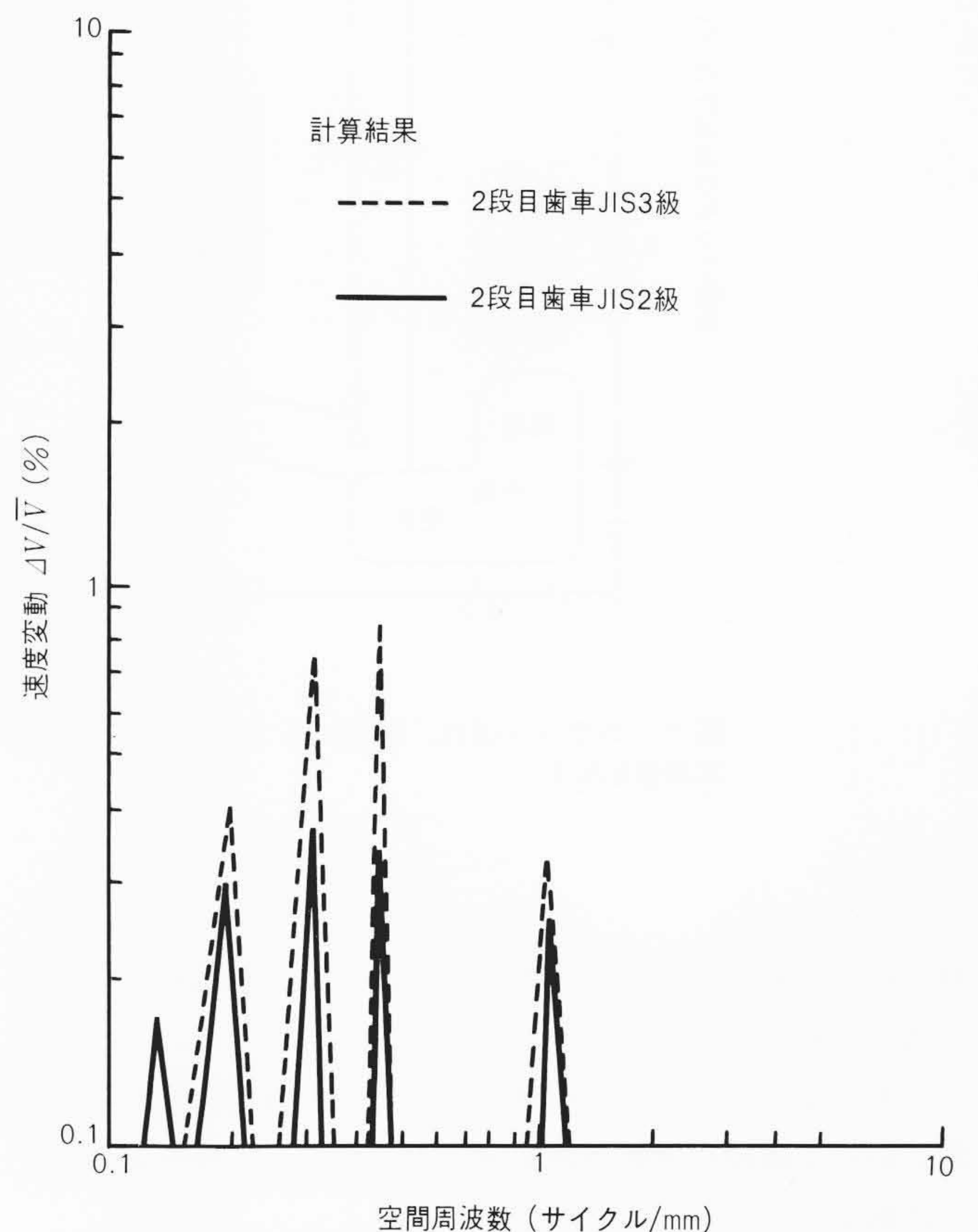
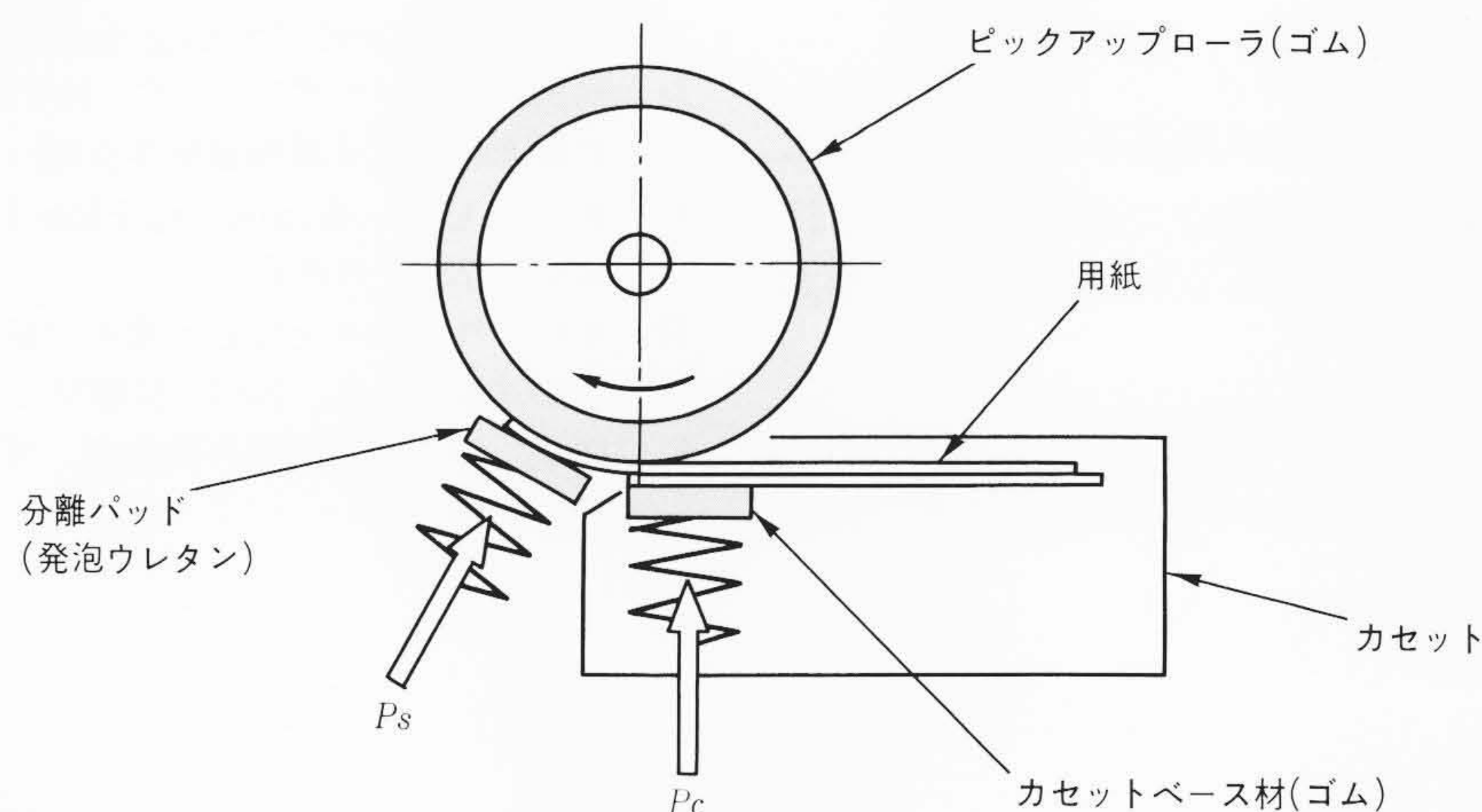


図7 駆動系の動的振動解析 歯車精度が画質に及ぼす影響を計算によって求め、駆動系の最適化を図っている。



注：略語説明 P_s (分離パッドばね加圧力), P_c (カセットばね加圧力)

図8 給紙部の構成 給紙性能は、カセットばね加圧力、分離パッドばね加圧力と構成要素(ピックアップローラ、用紙、カセットベース材、分離パッド)の材質によって決定される。

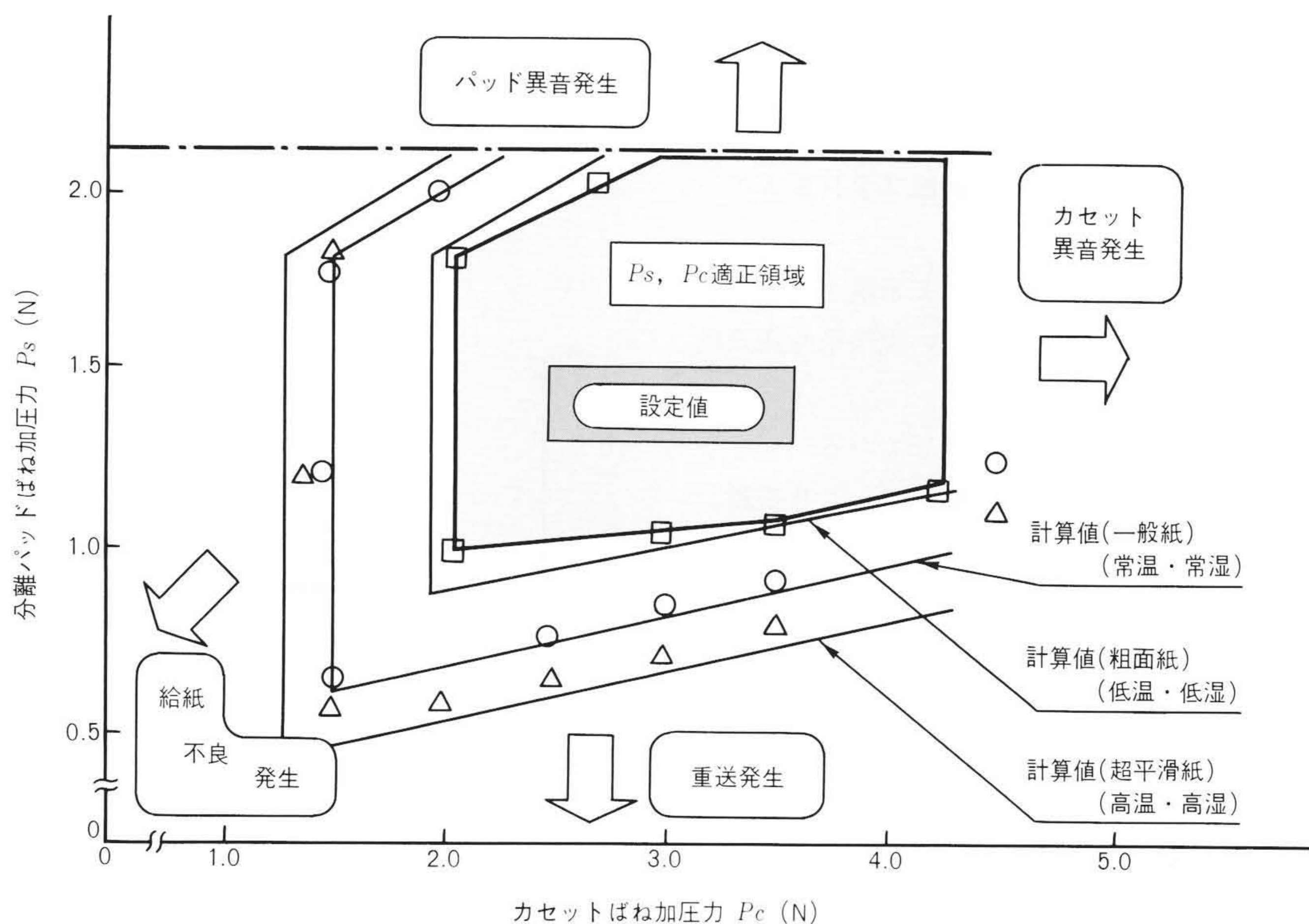


図9 カセットばね，分離パッドばねの適正領域の計算値と実測値 図中の記号□，○，△は，それぞれ実測値を示す。

紙，超平滑紙に分類され，摩擦係数は平滑度が低いほど，また吸湿するほど大きくなる。

一方，ピックアップローラ，分離パッドの表面は，給紙枚数に応じて紙粉や用紙の添加剤に汚染され，摩擦係数がしだいに低下していく⁶⁾。

本給紙部は，上記の変動要因を加味したシミュレーションと実測とによって，図9に示すように多様な用紙に共通の適正領域を確保することにより，信頼性向上を図ることができた。

7 結 言

光学系，印写系，駆動系および用紙搬送系各技術の結集によって，600 dpiの高精細印字を，高速かつ高信頼の性能を持ち，小形で使い勝手と保守性に優れたレーザプリンタを開発することができた。

レーザプリンタは，レーザの光量制御を含めた光学系の性能向上などにより，さらに高精細化が可能であること，資源

保護の点から再生紙利用がより一般化することによって，今後，市場のニーズに合わせて印字品位の向上といっそうの用紙多様化に対する信頼性の向上を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 園部，外：OA用周辺装置，日立評論，68，2，173～178(昭61-2)
- 2) T. Maruyama, et al.：A Laser Scanning Optical System for High-resolution Laser Printer, SPIE Proc. Optical Hard Copy and Printing System 1990, p.54～65(1990)
- 3) 島田，外：レーザプリンタにおける走査パラメータと露光条件の最適化，電子情報通信学会誌，J72-C-II，707～714(1989)
- 4) R. L. Carr：Evaluating Flow Properties of Solid, Chem. Eng., 72(2)(1965)
- 5) 中村，外：歯車を含む伝達系の振動騒音(第3報)，日本機械学会講演論文集，N830-8(昭58-8)
- 6) 門屋，外：記録用紙の諸性質，電子写真，28巻，1号，52～116(1989-3)