

## 21세기 광학계 평가법의 고찰

Optical measurements method for optical system in  
21st. Century.

다카노 에이이치(高野 栄一), 에비나 카즈요시(海老名 一義)\*, 박 성 천\*\*

광과학연구소(光科学研究所), 출판인쇄주식회사(出版印刷株式会社)\*, (주)이오시스템\*\*  
opts97@aol.com, kazuyoshi.ebina@toppan.co.jp

1. 20세기를 대표하는 광학계의 평가방법은 OTF (Optical Transfer Function) 와 Spot Diagram이다. 이들 평가법은 Isoplanatism과

Linearity를 전제로 하고 있으나 실제로는 이를 충족시키지 못하는 광학계가 있고, 구결면 혹은 자오면에서의 평가법이므로, 전체공간방향의 평가가 되지 않고, 이것으로는 불충분한 광학계 (센서나 디스플레이)가 있으며, 상의 흐려진 정도를 적절히 표현할수 없는 것, 3차원 물체를 2차원 센서로 받아들이는 평가법에 대응하고 있지 못한 것 등 많은 결점이 있다.

2. 그래서 21세기형의 광학설계평가법으로서,

- a. 기하광학적 3차원 광강도분포와 2차원 전방위푸리에변환.
- b. 광학 상의 시뮬레이션
- c. 렌즈, 센서, 상형성개광회로의 3가지를 일체화한 이산형광학계의 평가법을 보이고 또한 이들 실용화가 컴퓨터의 진보와 밀접하게 관련되어 있음을 나타낸다.

2-a 기하광학적 3차원광강도분포의 산출

고차수차도 포함한 각 수차를 독립해서 부여하고, 그 점상강도분포를 아래와 같은 순서로 산출한다.

2-a-1 점상강도분포의 산출

수차계수로부터 참조면 (상면등)의 광선도달좌표를 산출하고 그 참조면을 격자상태로 등분하여, 각영역에의 광선도달수를 적산하여 3차원강도분포를 얻는다. 그때에 다음을 적절하게 설정하지 않으면 안된다.

- a. 동(瞳)분할수와 그 분할법
- b. 수광면 면적의 할당과 그 분할수
- c. 강도분포의 스미징법

2-a-2 주파수영역에의 변환

산출한 점상강도분포에 푸리에변환으로 그 절대치를 취하여 점상의 주파수성분을 추출한다. 구면수차등의 광축회전대칭 수차에 대해서는 주파수영역에서도 회전대칭 특성을 나타내므로, 그 3차원분포상에서 광축을 자르도록 단면을 취하여 2차원에서의 검토를 한다.

2-a-3 결과

전형적인 예로서, 코마수차단독으로 구성되는 점상을 보인다. 점상강도분포, 가우스분포의 콘블루션에 의한 평활화, 그 푸리에변환, 3D 표시에는 매터매티카4.0을 사용하였다.

상면 분할수 64 × 64 정방형

광선수 40만개

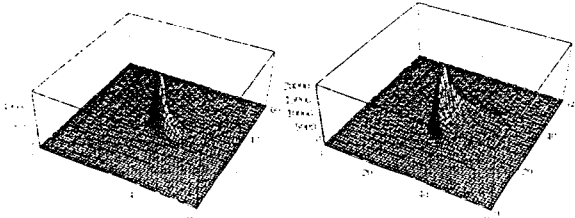
콘블루션 가우스형

으로 하고 있다.

스팟다이아그램



点像强度分布



空间周波数 패턴

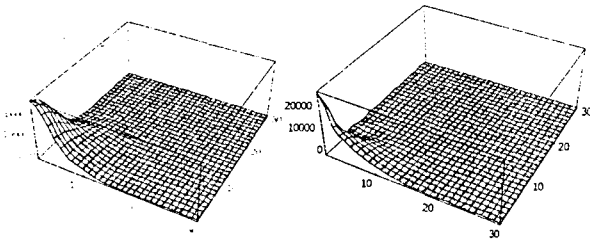


Fig.1 코마수차의 경우  $CM = -0.134$ ,  
 $\tan \theta = -0.432$ ,  $F/2.0$

콘블루선으로 강도분포의 평활화를 기하고 주파수분포에 나타나는 가짜 고주파스펙트럼을 제거할 수 있다. 최적초점근처에서는 플레어의 영향은 의외로 적고 비교적 회전대칭성이 강한 분포로 되어 있으며 주파수특성에서는 집중도를 반영하여 고주파성분이 많아진다.

이들 결과로는 스팟다이아그램은 광선의 퍼짐을 잡는데에는 좋으나 강도분포의 높이방향의 강도는 판정하기 어렵다. 주파수분포에서는 사이드로브등의 존재에 민감해진다.

2-b. 광학상 시뮬레이션

다음으로 3차원공간중의 물체의 상면의 결상을 검토한다. 이 결상은 결상렌즈의 수차계수를 반영한 3차원공간중의 각 점상을 상면상에서 겹치는 것으로 실현가능하다.

2-b-1 계산수법

각상면내의 결상의 모습을 같은 조건으로 산출할 필요가 있으므로 점상만의 모습을 관찰하는 경우에 비해 많은 정보량이 필요하다. 여기에서는 계산모델로서 Tessar형(Elmar)과 베스 단형(소프트렌즈)의 2종류를 취하여 계산결과를 비교하였으며 계산조건 및 순서는 아래와 같다.

- 초점거리, F수  $f=5\text{cm}$   $F/4.5$
- 화소수  $639 \times 639$  (40.8만화소)
- 상면의 각 점마다 렌즈를 통해서 광선추적하여 콘블루선에 의한 평활화를 행한다.
- d선 광선추적 및, RGB 화상합성과 원, 중, 근 및 지면의 4 위치 화상을 합성한다.
- 이것에 의해 계산의 고속화를 도모한다.

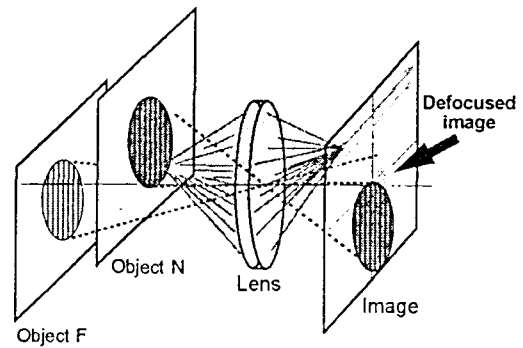


Fig.2 3-D Image Simulation method

2-b-2 결과

계산결과에 한 예로서 1.5m에 초점을 맞춘 상태에서 1.5m와 3m위치에 있는 물체의 결상의 모습을 Fig.3에 보인다. Tessar형에 의한 결상은 핀트위치에서는 매우 잘 맞으며 3m위치에서의 상의 흐릿함도 반영되어 있다. 이에 대해 소프트형에서는 초점심도 깊이와 구면수차에 의한 플레어가 표현되어 있어 그 특징이 잘 나타나 있다.

2-c. 렌즈, 센서, 상형성개량회로의 3가지를 일체화한 이산형(離散型)광학계의 평가법.

은염필름으로 대표되는 등방성을 갖는 촬상

F  
A

면(소자)의 경우 산출 점 갯수를 증가시켜 충분한 정보량을 얻을수가 있다. 그러나 최근의 디지털디바이스의 현저한 진보에 따라 이들 신디바이스에도 고려가 필요하다.

2-c-1 디지털기술

영상에 관계된 디지털기술에는 이하의 기술을 들수 있다.

·활상소자

CCD나C-MOS의 활상소자이나 그 구조상, 공간주파수영역에서의 대칭성, 직선성에 큰 차이가 있다.

·화상처리기술

렌즈나 활상소자로 얻어진 화상에 디지털보정을 하는 것이 가능해졌다. 영상의 나쁜부분(예를 들면 잔존수차나 가짜상)을 광학계전체의 물리적조건을 원래대로 역보정하여 좋은 상을 얻을수 있다.

광학계의 공간주파수영역에서의 전달계의 문제이며 그 전달함수의 정량화가 매우 중요하다.

3. 결론

3차원 점상강도분포와, 전방위푸리에변환의 계산법을 검토하고 그 응용가능성을 나타내었다.

1. 수차계수마다 주파수성분을 취하여 각 수차의 특징을 명확하게 얻을수 있다.
2. 각 수차의 차이로 생기는 렌즈결상특성, 상의 흐릿한 정도의 시뮬레이션평가의 가능성을 보였다.
3. 렌티큘라렌즈나 허니컴구조의 활상·표시소자와 같이 방향 특성이 틀린 것을 이용한 경우 그 주파수응답의 매칭을 고려한 설계가 가능하다.

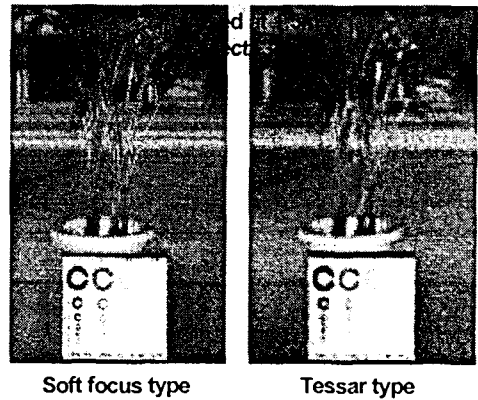
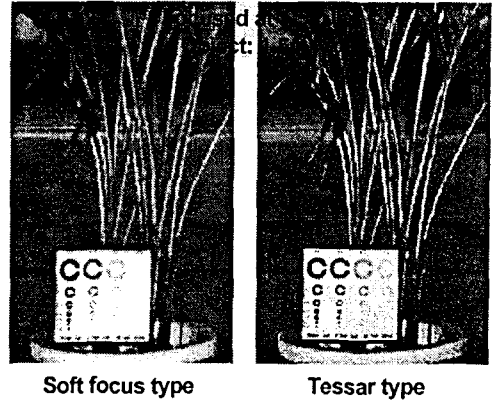


Fig.3 Image of Soft-focus Lens & Tessar

参考文献

- 1) 高野榮一 `収差凶形の新しい表示方法 : 光学20(1991)