

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷ H04N 9/07 (11) 공개번호 10-2005-0088335
(43) 공개일자 2005년09월05일

(21) 출원번호 10-2005-7012037
(22) 출원일자 2005년06월24일
 번역문 제출일자 2005년06월24일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/015437 (87) 국제공개번호 WO 2004/059987
 국제출원일자 2003년12월02일 국제공개일자 2004년07월15일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00375423 2002년12월25일 일본(JP)

(71) 출원인 소니 가부시끼 가이샤
일본국 도쿄도 시나가와쿠 기타시나가와 6초메 7반 35고

(72) 발명자 미즈꾸라, 다카미
일본 141-0001 도쿄도 시나가와쿠 기따시나가와 6쫘메 7-35 소니가부
시끼 가이샤 내
가또오, 나오야
일본 141-0001 도쿄도 시나가와쿠 기따시나가와 6쫘메 7-35 소니가부
시끼 가이샤 내
나카지마, 겐
일본 141-0001 도쿄도 시나가와쿠 기따시나가와 6쫘메 7-35 소니가부
시끼 가이샤 내
나가하마, 히로끼
일본 141-0001 도쿄도 시나가와쿠 기따시나가와 6쫘메 7-35 소니가부
시끼 가이샤 내

(74) 대리인 장수길
이중희
구영창

심사청구 : 없음

(54) 발상 장치 및 방법

요약

분광 특성이 상이한 컬러 필터에 의해 이루어져 있고, 피사체를 촬상하는 촬상 소자부를 갖는 촬상 장치에 있어서, 색 재현성과 노이즈감을 나타내는 노이즈값을 조정하는 조정부와, 조정부의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 매트릭스 계수 결정부와, 매트릭스 계수에 기초하여 상기 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 매트릭스 변환 처리부를 갖는다.

대표도

도 10

색인어

컬러 필터, 매트릭스 계수, 색 재현값, 노이즈값, CCD 촬상 소자

명세서

기술분야

본 발명은, 피사체를 촬상하는 촬상 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 촬상 감도에 대하여 적합하게 촬상을 행하는 촬상 장치 및 방법에 관한 것이다.

또한, 본 출원은, 일본국에서 2002년 12월 25일에 출원된 일본 특허 출원 번호 2002-375423을 기초로 하여 우선권을 주장하는 것으로, 이 출원은 참조함으로써, 본 출원에 인용된다.

배경기술

최근, 소비자용 화상 촬상 장치(디지털 카메라, 컬러 스캐너 등) 및 화상 처리 소프트웨어가 보급되고 있어, 해당 화상 촬상 장치에 의해 피사체를 촬상하여 생성한 화상을 화상 처리 소프트웨어에 의해 스스로 편집하는 유저가 증가하고 있다. 또한, 화상 촬상 장치에 의해 촬상된 화상의 화질에 대한 요구도 높아지고 있고, 화상 촬상 장치를 구입할 때의 주요한 조건으로서, 화질이 좋은 것을 예로 드는 유저의 비율이 늘어나고 있다. 여기서, 화상 촬상 장치의 일반적인 구성에 대하여 이하에 설명한다.

화상 촬상 장치는, 예를 들면 도 1에 도시한 바와 같은 RGB의 3원색의 컬러 필터(1)가 이용되고 있다. 이 예에서는, 도 1의 일점쇄선으로 나타낸 바와 같이, 녹색(G)의 광만을 투과하는 G 필터가 2개, 적(R)의 광만을 투과하는 R 필터가 1개, 및 청(B)의 광만을 투과하는 B 필터가 1개인, 합계 4개를 최소 단위로 하여, 소위 베이어 배열(Bayer 배열)에 의해, 컬러 필터(1)가 구성된다.

도 2는 RGB 컬러 필터(1)를 갖는 CCD(Charge Coupled Device) 촬상 소자에 의해 취득된 RGB 신호에 대하여, 각종 처리를 실시하는 신호 처리부(11)의 구성예를 도시하는 블록도이다.

오프셋 보정 처리부(21)는, CCD 촬상 소자에 의해 취득된 신호에 소정의 처리를 실시하는 프론트 엔드(13)로부터 공급되어 온 화상 신호에 포함되는 오프셋 성분을 제거하여, 얻어진 화상 신호를 화이트 밸런스 보정 처리부(22)에 출력한다. 화이트 밸런스 보정 처리부(22)는, 오프셋 보정 처리부(21)로부터 공급되어 온 화상 신호의 색 온도, 및 컬러 필터(1)의 각 필터의 감도의 차이에 기초하여, 각 색의 밸런스를 보정한다. 화이트 밸런스 보정 처리부(22)에 의해 보정이 실시되어, 취득된 색 신호는 감마 보정 처리부(23)에 출력된다. 감마 보정 처리부(23)는, 화이트 밸런스 보정 처리부(22)로부터 공급되어 온 신호에 대하여 감마 보정을 행하여, 취득한 신호를 수직 방향 동시화 처리부(24)에 출력한다. 수직 방향 동시화 처리부(24)에는 딜레이 소자가 설치되어 있고, 감마 보정 처리부(23)로부터 공급되어 온 신호의 수직 방향의 시간의 어긋남이 동시화된다.

RGB 신호 생성 처리부(25)는, 수직 방향 동시화 처리부(24)로부터 공급되어 온 색 신호를, 동일 공간의 위상으로 보간하는 보간 처리, 신호의 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리, 신호 대역을 제한하는 필터링 처리, 및 신호 대역의 고역 성분을 보정하는 고역 주파수 보정 처리 등을 행하여, 얻어진 RGB 신호를, 휘도 신호 생성 처리부(26), 및 색차 신호 생성 처리부(27)에 출력한다.

휘도 신호 생성 처리부(26)는, RGB 신호 생성 처리부(25)로부터 공급되어 온 RGB 신호를 소정의 합성비로 합성하여, 휘도 신호(Y)를 생성한다. 색차 신호 생성 처리부(27)도 마찬가지로, RGB 신호 생성 처리부(25)로부터 공급되어 온 RGB 신호를 소정의 합성비로 합성하여, 색차 신호(Cb, Cr)를 생성한다. 휘도 신호 생성 처리부(26)에 의해 생성된 휘도 신호(Y), 및 색차 신호 생성 처리부(27)에 의해 생성된 색차 신호(Cb, Cr)는, 예를 들면 신호 처리부(11)의 외부에 설치되어 있는 모니터에 출력된다.

이와 같이, 원 신호에 대하여 감마 처리를 실시하고 나서 선형 변환에 의해서 화상 처리(리니어 매트릭스 처리)를 행하는 것이 일반적으로 행해지고 있다.

전술한 바와 같은 화상 촬상 장치는, 피사체를 촬상하여 화상을 생성했을 때, 관찰 시의 시환경에 따라 보이는 느낌이 다르기 때문에, 원하는 색으로 재현되지 않는 경우가 있다. 이것은 촬상 시의 광원(이하, 촬상 광원이라고 함)과 관찰 시의 광원(이하, 관찰 광원이라고 함)의 황색성이 크게 상이한 경우에 발생하는 현상이다. 따라서, 촬상 광원과 황색성이 상이한 관찰 광원으로 화상이 재현되는 경우에도, 양호하게 색재현하는 방법이 일본 특개 2002-142231호 공보 등에 제안되어 있다. 또한, 도 3 및 도 4에 분광 감도의 특성을 도시한다. 도 3의 곡선 L1은, R의 분광 감도를 나타내고, 곡선 L2는 G의 분광 감도를 나타내고, 곡선 L3은 B의 분광 감도를 나타내고 있다. 또한, 도 4의 곡선 L11은, R의 분광 감도를 나타내고, 곡선 L12는 G의 분광 감도를 나타내고, 곡선 L13은 B의 분광 감도를 나타낸다.

한편, 전술한 바와 같은 화상 촬상 장치에, 리니어 매트릭스 처리의 추가, 또한 촬상 소자의 컬러 필터의 추가를 행함으로써, 색 재현성을 극적으로 향상시킬 수 있다. 그 때, 사용하는 리니어 매트릭스의 계수를 단순히 색차가 최소로 되도록 결정하면, 노이즈를 종래보다도 증장시키게 되는 경우가 있다.

<발명의 개시>

본 발명은, 촬상하는 환경이나 조건 등에 따라서 색 재현성과 노이즈 저감성을 고려한 계수를 이용한 리니어 매트릭스 처리를 행하는 것이 가능한 촬상 장치 및 촬상 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명에 따른 촬상 장치는, 분광 특성이 상이한 컬러 필터에 의해 이루어져 있고, 피사체를 촬상하는 촬상 소자부를 갖는 촬상 장치에서, 색 재현값과 노이즈감을 나타내는 노이즈값을 조정하는 조정 수단과, 상기 조정 수단의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 매트릭스 계수 결정 수단과, 상기 매트릭스 계수에 기초하여 상기 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 매트릭스 변환 처리 수단을 구비한다.

또한, 본 발명에 따른 촬상 방법은, 분광 특성이 상이한 컬러 필터에 의해 이루어져 있고, 피사체를 촬상하는 촬상 소자부를 갖는 촬상 장치에 의해 피사체를 촬상하는 촬상 방법에 있어서, 색 재현값과 노이즈감을 나타내는 노이즈값을 조정하는 제1 단계와, 상기 제1 단계의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 제2 단계와, 상기 매트릭스 계수에 기초하여 상기 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 제3 단계를 갖는다.

본 발명의 또 다른 목적, 본 발명에 의해서 얻어지는 구체적인 이점은, 이하에 설명되는 실시예의 설명으로부터 한층 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 RGB 컬러 필터의 예를 도시하는 도면.

도 2는 종래의 촬상 장치에 설치되는 신호 처리부의 구성예를 도시하는 블록도.

도 3은 분광 감도 특성의 예를 도시하는 도면.

도 4는 분광 감도 특성의 다른 예를 도시하는 도면.

도 5는 본 발명을 적용한 촬상 장치의 구성예를 도시하는 블록도.

도 6은 본 발명을 적용한 촬상 장치에 설치되는 4색 컬러 필터의 예를 도시하는 도면.

도 7은 시감도 곡선의 예를 도시하는 도면.

도 8은 평가 계수의 특징을 도시하는 도면.

도 9는 본 발명을 적용한 촬상 장치가 구비하는 카메라 시스템 LSI의 구성예를 도시하는 블록도.

도 10은 도 9의 신호 처리부의 구성예를 도시하는 블록도.

도 11은 화상 처리 장치의 작성 처리를 설명하는 플로우차트.

도 12는 도 11의 단계 S1의 4색 컬러 필터 결정 처리의 상세 내용을 설명하는 플로우차트.

도 13은 가상 곡선의 예를 도시하는 도면.

도 14의 (A) 내지 도 14의 (C)는, 필터마다의 UMG값의 예를 도시하는 도면.

도 15는 4색 컬러 필터의 분광 감도 특성의 예를 도시하는 도면.

도 16은 도 11의 단계 S2의 리니어 매트릭스 결정 처리의 상세 내용을 설명하는 플로우차트.

도 17은 색차의 평가 결과의 예를 도시하는 도면.

도 18은 4색 컬러 필터에 의한 소정의 물체의 색도를 도시하는 도면.

도 19는 본 발명을 적용한 촬상 장치에 설치되는 4색 컬러 필터의 다른 예를 도시하는 도면.

도 20은 적응적으로 리니어 매트릭스 계수 M의 결정을 나타내는 플로우차트.

도 21은 색재현성 지표를 변화시켰을 때의 노이즈 저감성 지표의 변화의 모습을 도시하는 도면.

도 22는 4색 컬러 필터의 분광 감도 특성의 예를 도시하는 도면.

도 23은 화상의 히스토그램을 도시하는 도면.

<발명을 실시하기 위한 최량의 형태>

도 5는 본 발명을 적용한 촬상 장치의 구성예를 도시하는 블록도.

도 5에 도시한 촬상 장치는, CCD(Charge Coupled Device) 등으로 이루어지는 화상 센서(45)의 전면(렌즈(42)에 대향하는 면)에, 4 종류의 색(광)을 식별하는 컬러 필터가 설치되어 있다. 또한, 촬상 장치에서는, 도 5의 화상 센서(45)에 설치되는 컬러 필터를 도 6에 도시한 4색 컬러 필터(61)로 한다.

4색 컬러 필터(61)는, 도 6의 일점쇄선으로 나타낸 바와 같이, 적색의 광만을 투과하는 R 필터, 청색의 광만을 투과하는 B 필터, 제1 파장 대역의 녹색의 광만을 투과하는 G1 필터, 및 G1 필터와 상관이 높고, 제2 파장 대역의 녹색의 광만을 투과하는 G2 필터의, 합계 4개의 필터를 최소 단위로 하여 구성된다. 또한, G1 필터와 G2 필터는, 그 최소 단위 내에서, 상호 대각하는 위치에 배치되어 있다.

후에 상술하는 바와 같이, 화상 센서(45)에 의해 취득되는 화상의 색을 4 종류로 하고, 취득되는 색 정보를 늘림으로써, 3 종류의 색(RGB)만이 취득되는 경우와 비교하여, 보다 정확하게 색을 표현할 수 있어, 눈으로 다른 것으로 보이는 색은 다른 색으로, 동일한 것으로 보이는 색은 동일한 색으로, 각각 재현하는 것(「색의 판별성」)을 향상시킬 수 있다.

또, 도 7에 도시되는 시감도 곡선으로부터 알 수 있듯이, 사람의 눈은 휘도에 민감하다. 따라서, 도 6에 도시한 4색 컬러 필터(61)에서는, 보다 정확한 휘도 정보를 취득함으로써, 휘도의 계조를 높일 수 있고, 또한 눈에 보이는 느낌에 가까운 화상을 재현할 수 있도록, 시감도 곡선에 가까운 분광 감도 특성을 갖는 G2의 컬러 필터가 추가되어 있다(도 1의 R, G, B에 대응하는 R, G1, B의 필터에 대하여, 새롭게 결정된 녹색의 G2 필터가 추가되어 있다).

또한, 4색 컬러 필터(61)를 결정할 때에 사용되는 필터 평가 계수로서, 예를 들면 「색 재현성」과 「노이즈 저감성」의 양방을 고려한 계수인 UMG(Unified Measure of Goodness)가 이용되고 있다.

UMG를 이용한 평가에서는, 평가 대상의 필터가 단순히 라우터 조건을 충족시키고 있는 것만으로는, 그 평가값은 높지 않고, 각각의 필터의 분광 감도 분포의 중복도 고려된다. 따라서, q 팩터, μ 팩터, 또는 FOM(Figure of Merit)을 이용하여 평가된 컬러 필터의 경우와 비교하여, 노이즈를 보다 저감시킬 수 있다. 즉, UMG를 이용한 평가에 의해, 각각의 필터의 분

광 감도 특성이, 어느 정도의 중복을 갖지만, 도 4의 R의 특성과 G의 특성과 같이 거의 전부가 중복되는 것이 아닌 필터가 선택되기 때문에, 색의 분리를 위해, 각각의 색 신호를 증폭하는 경우에도, 증폭율을 그 정도로 크게 할 필요가 없고, 그것에 수반하여 노이즈 성분이 증폭되는 것이 억제된다.

도 8은 각 필터 평가 계수의 특징을 도시하는 도면이다. 또, 도 8은 각 평가 계수에 대하여, 한번에 평가할 수 있는 필터의 수, 물체의 분광 반사율이 고려되어 있는지의 여부, 및 노이즈의 저감이 고려되어 있는지의 여부에 관한 사항을 나타내는 것이다.

도 8에 도시한 바와 같이 q 팩터(q-factor)는, 한번에 평가할 수 있는 필터의 수가 「1개」 뿐이고, 물체의 분광 반사율과, 노이즈의 저감이 고려되어 있지 않다. 또한, μ 팩터(μ -factor)는, 한번에 복수의 필터를 평가할 수 있지만, 물체의 분광 반사율과 노이즈의 저감은 고려되어 있지 않다. 또한, FOM은, 한번에 복수의 필터를 평가할 수 있고, 물체의 분광 반사율이 고려되어 있지만, 노이즈의 저감이 고려되어 있지 않다.

이에 대하여, 4색 컬러 필터(61)를 결정할 때에 사용되는 UMG는, 한번에 복수의 필터를 평가할 수 있고, 물체의 분광 반사율이 고려되고, 또한 노이즈의 저감도 고려되어 있다.

또, q 팩터에 대해서는 「H.E.J.Neugebauer "Quality Factor for Filters Whose Spectral Transmittances are Different from Color Mixture Curves, and Its Application to Color Photography" JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOLUME 46, NUMBER 10」에 그 상세가 개시되어 있고, μ 팩터에 대해서는 「P.L.Vora and H.J.Trussell, "Measure of Goodness of a set of color-scanning filters", JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOLUME 10, NUMBER 7」에 그 상세가 개시되어 있다. 또한, FOM에 대해서는 「G.Sharma and H.J.Trussell, "Figures of Merit for Color Scanners, IEEE TRANSACTION ON IMAGE PROCESSING, VOLUME 6」에 그 상세가 개시되어 있고, UMG에 대해서는 「S.Quan, N.Ohta, and N.Katoh, "Optimal Design of Camera Spectral Sensitivity Functions Based on Practical Filter Components", CIC, 2001」에 그 상세가 개시되어 있다.

도 5의 설명으로 되돌아간다. 마이크로컴퓨터(41)는, 소정의 제어 프로그램에 따라서 전체의 동작을 제어한다. 예를 들면, 마이크로컴퓨터(41)는, 조리개(43)에 의한 노광 제어, 셔터(44)의 개폐 제어, TG(Timing Generator)(46)의 전자 셔터의 제어, 프론트 엔드(47)에서의 게인 컨트롤, 카메라 시스템 LSI(Large Scale Integrated Circuit)(48)의 모드 제어, 파라미터 제어 등을 행한다.

조리개(43)는, 렌즈(42)에 의해 집광된 광의 통과(조리개)를 조정하고, 화상 센서(45)에 의해 받아들여지는 광량을 제어한다. 셔터(44)는, 마이크로컴퓨터(41)의 지시에 기초하여, 렌즈(42)에 의해 집광된 광의 통과를 제어한다.

화상 센서(45)는, 또한 CCD나 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)에 의해 구성되는 촬상 소자를 갖고, 그 촬상 소자의 전면에 형성하는 4색 컬러 필터(61)를 통하여 입사된 광을 전기 신호로 변환하고, 4 종류의 색 신호(R 신호, G1 신호, G2 신호, B 신호)를 프론트 엔드(47)에 출력한다. 화상 센서(45)에는, 도 6의 4색 컬러 필터(61)가 설치되고, 렌즈(42)를 통하여 입사된 광으로부터, R, G1, G2, B 각각의 대역의 파장의 성분이 추출된다. 또, 그 상세에 대해서는, 도 15를 참조하여 후술한다.

프론트 엔드(47)는, 화상 센서(45)로부터 공급되어 온 색 신호에 대하여, 노이즈 성분을 제거하기 위한 상관 이중 샘플링 처리, 게인 컨트롤 처리, 및 디지털 변환 처리 등을 실시한다. 프론트 엔드(47)에 의해 각종 처리가 실시되어, 얻어진 화상 데이터는 카메라 시스템 LSI(48)에 출력된다.

카메라 시스템 LSI(48)는, 후에 상술하는 바와 같이, 프론트 엔드(47)로부터 공급되어 온 화상 데이터에 대하여 각종 처리를 행하고, 예를 들면 휘도 신호 및 색 신호를 생성하여 화상 모니터(50)에 출력하여, 신호에 대응하는 화상을 표시시킨다.

화상 메모리(49)는, 예를 들면 DRAM(Dynamic Random Access Memory)이나 SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory) 등에 의해 구성되고, 카메라 시스템 LSI(48)가 각종 처리를 행할 때에 적절하게 이용된다. 반도체 메모리, 디스크 등에 의해 구성되는 외부 기억 매체(51)는, 예를 들면 도 5의 촬상 장치에 대하여 착탈 가능하게 구성되고, 카메라 시스템 LSI(48)에 의해 JPEG(Joint Photographic Expert Group) 포맷으로 압축된 화상 데이터가 기억된다.

화상 모니터(50)는, 예를 들면 LCD(Liquid Crystal Display) 등에 의해 구성되고, 촬영된 화상이나 각종 메뉴 화면 등을 표시한다.

도 9는 도 5에 도시한 카메라 시스템 LSI(48)의 구성예를 도시하는 블록도이다. 카메라 시스템 LSI(48)를 구성하는 각 블록은, 마이크로컴퓨터 인터페이스(I/F)(73)를 통하여, 도 5에 도시한 마이크로컴퓨터(41)에 의해 제어된다.

신호 처리부(71)는, 프론트 엔드(47)로부터 공급되어 온 4 종류의 색 정보에 대하여, 보간 처리, 필터링 처리, 매트릭스 연산 처리, 휘도 신호 생성 처리, 색차 신호 생성 처리 등의 각종 처리를 행하고, 예를 들면 생성한 화상 신호를 모니터 인터페이스(77)를 통하여 화상 모니터(50)에 출력한다.

화상 검파부(72)는, 프론트 엔드(47)의 출력에 기초하여, 오토포커스, 오토익스포저, 오토화이트 밸런스 등의 검파 처리를 행하고, 그 결과를, 적절하게, 마이크로컴퓨터(41)에 출력한다.

메모리 컨트롤러(75)는, 처리 블록 간거리의 데이터의 송수신, 또는, 소정의 처리 블록과 화상 메모리(49) 사이의 데이터의 송수신을 제어하여, 예를 들면 신호 처리부(71)로부터 공급되어 온 화상 데이터를 메모리 인터페이스(74)를 통하여 화상 메모리(49)에 출력하여, 기억시킨다.

화상 압축·복원부(76)는, 예를 들면 신호 처리부(71)로부터 공급되어 온 화상 데이터를 JPEG 포맷으로 압축하여, 얻어진 데이터를 마이크로컴퓨터 인터페이스(73)를 통하여 외부 기억 매체(51)에 출력하여, 기억시킨다. 화상 압축·복원부(76)는, 또한 외부 기억 매체(51)로부터 판독된 압축 데이터를 복원(신장)하여, 모니터 인터페이스(77)를 통하여 화상 모니터(50)에 출력한다.

도 10은, 도 9에 도시한 신호 처리부(71)의 상세한 구성예를 도시하는 블록도이다. 신호 처리부(71)를 구성하는 각 블록은, 마이크로컴퓨터 인터페이스(73)를 통하여, 마이크로컴퓨터(41)에 의해 제어된다.

오프셋 보정 처리부(91)는, 프론트 엔드(47)로부터 공급되어 온 화상 신호에 포함되는 노이즈 성분(오프셋 성분)을 제거하여, 얻어진 화상 신호를 화이트 밸런스 보정 처리부(92)에 출력한다. 화이트 밸런스 보정 처리부(92)는, 오프셋 보정 처리부(91)로부터 공급되어 온 화상 신호의 색 온도, 및 4색 컬러 필터(61)의 각 필터의 감도의 차이에 기초하여, 각 색의 밸런스를 보정한다. 화이트 밸런스 보정 처리부(92)에 의해 보정이 실시되어, 취득된 색 신호는, 수직 방향 동시화 처리부(93)에 출력된다. 수직 방향 동시화 처리부(93)에는 딜레이 소자가 설치되어 있어, 화이트 밸런스 보정 처리부(92)로부터 출력되어 온 신호(이하, RG1G2B 신호라고 함)의 수직 방향의 시간의 어긋남이 동시화(보정)된다.

신호 생성 처리부(94)는, 수직 방향 동시화 처리부(93)로부터 공급되어 온 RG1G2B 신호의 최소 단위의 2×2 화소의 색 신호를, 동일 공간의 위상으로 보간하는 보간 처리, 신호의 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리, 신호 대역을 제한하는 필터링 처리, 및 신호 대역의 고역 성분을 보정하는 고역 주파수 보정 처리 등을 행하여, 얻어진 RG1G2B 신호를, 리니어 매트릭스 처리부(95)에 출력한다.

리니어 매트릭스 처리부(95)는, 소정의 리니어 매트릭스 계수 M(3×4의 행렬)에 기초하여 식 (1)에 의한 RG1G2B 신호의 연산을 행하여, 3색의 RGB 신호를 생성한다.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G1 \\ G2 \\ B \end{bmatrix}$$

리니어 매트릭스 처리부(95)에 의해 생성된 R 신호는 감마 보정 처리부(96-1)에 출력되고, G 신호는, 감마 보정 처리부(96-2)에 출력되고, B 신호는 감마 보정 처리부(96-3)에 출력된다.

감마 보정 처리부(96-1 내지 96-3)는, 리니어 매트릭스 처리부(95)로부터 출력되어 온 RGB 신호 각각의 신호에 대하여 감마 보정을 행하여, 취득된 RGB 신호를 휘도(Y) 신호 생성 처리부(97) 및 색차 (C) 신호 생성 처리부(98)에 출력한다.

휘도 신호 생성 처리부(97)는, 감마 보정 처리부(96-1 내지 96-3)로부터 공급되어 온 RGB 신호를, 예를 들면 식 (2)에 따라서, 소정의 합성비로 합성하여, 휘도 신호(Y)를 생성한다.

$$Y=0.2126R+0.7152G+0.0722B$$

색차 신호 생성 처리부(98)도 마찬가지로, 감마 보정 처리부(96-1 내지 96-3)로부터 공급되어 온 RGB 신호를 소정의 합성비로 합성하여 색차 신호(C)를 생성하여, 대역 제한 씨닝 처리부(99)에 출력한다. 대역 제한 씨닝 처리부(99)는, 색차 신호(C)에 기초하여 색차 신호(Cb, Cr)를 생성한다. 또한, 단판 2×2색 코딩에 의해서 얻어진 신호에는, 일반적으로 색 정보의 대역이 휘도 신호만큼 존재하지 않는다. 따라서, 대역 제한 씨닝 처리부(99)는, 색차 신호 생성 처리부(98)로부터 공급된 색차 신호(C)를 대역 제한 처리와 씨닝 처리를 행함으로써 색 정보 데이터를 삭감함으로써 색차 신호(Cb, Cr)를 생성한다.

휘도 신호 생성 처리부(97)에 의해 생성된 휘도 신호(Y), 및 색차 신호 생성 처리부(98)에 의해 생성된 색차 신호(C) 또는 대역 제한 씨닝 처리부(99)에 의해 생성된 색차 신호(Cb, Cr)는, 예를 들면 도 9에 도시한 모니터 인터페이스(77)를 통하여 화상 모니터(50)에 출력된다.

이상과 같은 구성을 갖는 촬상 장치에서, 화상의 촬영이 지시된 경우, 마이크로컴퓨터(41)는, TG(46)를 제어하여, 화상 센서(45)에 의해 화상을 받아들인다. 즉, 화상 센서(45)를 구성하는 CCD 등의 촬상 소자(이하, CCD 촬상 소자라고 함)의 전면면에 형성되어 있는 4색 컬러 필터(61)에 의해 4색의 광이 투과되고, 투과된 광이 CCD 촬상 소자에 의해 받아들여진다. CCD 촬상 소자에 의해 받아들여진 광은, 4색의 색 신호로 변환되고, 그것이 프론트 엔드(47)에 출력된다.

프론트 엔드(47)는, 화상 센서(45)로부터 공급되어 온 색 신호에 대하여, 노이즈 성분을 제거하기 위한 상관 이중 샘플링 처리, 게인 컨트롤 처리, 및 디지털 변환 처리 등을 실시하여, 얻어진 화상 데이터를 카메라 시스템 LSI(48)에 출력한다.

카메라 시스템 LSI(48)의 신호 처리부(71)에서는, 오프셋 보정 처리부(91)에 의해 색 신호의 오프셋 성분이 제거되고, 화이트 밸런스 보정 처리부(92)에 의해, 화상 신호의 색 온도, 및 4색 컬러 필터(61)의 각 필터의 감도의 차이에 기초하여, 각 색의 밸런스가 보정된다.

또한, 수직 방향 동시화 처리부(93)에 의해, 화이트 밸런스 보정 처리부(92)에 의해 보정된 신호의 수직 방향의 시간의 어긋남이 동시화(보정)되고, 신호 생성 처리부(94)에 의해, 수직 방향 동시화 처리부(93)로부터 공급되어 온 RG1G2B 신호의 최소 단위인 2×2 화소의 색 신호를, 동일 공간의 위상으로 보간하는 보간 처리, 신호의 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리, 신호 대역을 제한하는 필터링 처리, 및 신호 대역의 고역 성분을 보정하는 고역 주파수 보정 처리 등이 행해진다.

또한, 리니어 매트릭스 처리부(95)에서는, 신호 생성 처리부(94)에 의해 생성된 신호(RG1G2B 신호)가, 소정의 리니어 매트릭스 계수 M(3×4의 행렬)에 기초하여 변환되어, 3색의 RGB 신호가 생성된다. 리니어 매트릭스 처리부(95)에 의해 생성된 R 신호는 감마 보정 처리부(96-1)에 출력되고, G 신호는 감마 보정 처리부(96-2)에 출력되고, B 신호는 감마 보정 처리부(96-3)에 출력된다.

감마 보정 처리부(96-1 내지 96-3)에 의해, 리니어 매트릭스 처리부(95)의 처리에 의해 얻어진 RGB 신호 각각의 신호에 대하여 감마 보정이 행해져, 취득된 RGB 신호가 휘도 신호 생성 처리부(97) 및 색차 신호 생성 처리부(98)에 출력된다. 휘도 신호 생성 처리부(97), 및 색차 신호 생성 처리부(98)에서는, 감마 보정 처리부(96-1 내지 96-3)로부터 공급되어 온 R 신호, G 신호, B 신호 각각의 신호가 소정의 합성비로 합성되어, 휘도 신호(Y) 및 색차 신호(C)가 생성된다. 휘도 신호 생성 처리부(97)에 의해 생성된 휘도 신호(Y), 및 색차 신호 생성 처리부(98)에 의해 생성된 색차 신호(C)는, 도 9의 화상 압축·복원부(76)에 출력되고, 예를 들면 JPEG 포맷으로 압축된다. 압축되어 얻어진 화상 데이터는 마이크로컴퓨터 인터페이스(73)를 통하여 외부 기억 매체(51)에 출력되어 기억된다.

이상과 같이, 1개의 화상 데이터가 4 종류의 색 신호에 기초하여 형성되기 때문에, 그 재현성은 사람의 눈에 보이는 것에 보다 가깝게 된다.

한편, 외부 기억 매체(51)에 기억되어 있는 화상 데이터의 재생(표시)이 지시되었을 때, 마이크로컴퓨터(41)에 의해, 외부 기억 매체(51)에 기억되어 있는 화상 데이터가 판독되고, 그것이 카메라 시스템 LSI(48)의 화상 압축·복원부(76)에 출력된다. 화상 압축·복원부(76)에서는, 압축되어 있는 화상 데이터가 신장되고, 모니터 인터페이스(77)를 통하여, 얻어진 데이터에 대응하는 화상이 화상 모니터(50)에 표시된다.

다음으로, 도 11에 도시한 플로우차트를 참조하여, 이상과 같은 구성을 갖는 촬상 장치를 작성하는 처리(수순)에 대하여 설명한다.

단계 S1에서, 도 5에 도시한 화상 센서(45)에 설치되는 4색 컬러 필터(61)의 분광 감도 특성을 결정하는 4색 컬러 필터 결정 처리가 행해지고, 단계 S2에서 도 10에 도시한 리니어 매트릭스 처리부(95)에 설정되는 매트릭스 계수 M을 결정하는 리니어 매트릭스 계수 M 결정 처리가 행해진다. 단계 S1에서 실행되는 4색 컬러 필터 결정 처리의 상세에 대해서는, 도 12에 도시한 플로우차트를 참조하고, 또한 단계 S2에서 실행되는 리니어 매트릭스 계수 M 결정 처리의 상세에 대해서는, 도 16에 도시한 플로우차트를 참조하여, 각각 후술한다.

4색 컬러 필터(61)가 결정되고, 매트릭스 계수가 결정된 후, 단계 S3에서, 도 10에 도시한 신호 처리부(71)가 작성되고, 단계 S4로 진행하여, 도 9에 도시한 카메라 시스템 LSI(48)이 작성된다. 또한, 단계 S5에서, 도 5에 도시한 바와 같은 촬상 장치(예를 들면, 디지털 카메라)의 전체가 작성된다. 단계 S6에서, 단계 S5에서 작성된 촬상 장치의 화질(「색 재현성」, 「색 판별성」)의 평가가 행해지고, 처리가 종료된다.

여기서, 「색 재현성」, 「색 판별성」 등을 평가할 때에 참조되는 물체색에 대하여 설명한다. 물체색은 「물체의 분광 반사율」, 「표준 조명의 분광 에너지 분포」, 및 「물체를 감지하는 센서(컬러 필터)의 분광 감도 분포(특성)」의 곱을 가시광 영역(예를 들면, 400 내지 700nm)의 범위에서 적분한 값에 의해서 산출된다. 즉, 식 (3)에 의해 물체색이 산출된다.

$$\begin{aligned} \text{물체색} &= k \int_{vis} (\text{물체의 분광 반사율}) \cdot (\text{조명의 분광 에너지 분포}) \\ &\bullet (\text{물체를 감지하는 센서의 분광 감도 분포}) d\lambda \\ \lambda &: \text{파장} \\ vis &: \text{가시광 영역 (통상 } 400 \text{ nm} \sim 700 \text{ nm)} \end{aligned}$$

예를 들면, 소정의 물체를 눈으로 관찰하는 경우, 식 (3)의 「센서의 분광 감도 특성」이 등색 함수로 표시되고, 그 물체의 물체색은, X, Y, Z의 3 자극값으로 표시된다. 구체적으로는, X의 값은 식 (4-1)로 산출되고, Y의 값은 식 (4-2)로 산출되고, Z의 값은 식 (4-3)으로 산출된다. 또, 식 (4-1) 내지 (4-3)에서의 상수 k의 값은 식 (4-4)로 산출된다.

$$\begin{aligned} X &= k \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \cdots (4-1) \\ Y &= k \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \cdots (4-2) \\ Z &= k \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \cdots (4-3) \\ R(\lambda) &: \text{물체의 분광 반사율} \\ \bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda) &: \text{등색 함수} \\ k &= 1 / \int P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \cdots (4-4) \end{aligned}$$

또한, 디지털 카메라 등의 촬상 장치에 의해, 소정의 물체의 화상을 받아들이는 경우, 식 (3)의 「센서의 분광 감도 특성」이 컬러 필터의 분광 감도 특성으로 표시되고, 그 물체의 물체색은, 필터의 수의 색값(예를 들면, RGB 필터(3 종류)인 경우에는 RGB값(3값))의 물체색이 산출된다. 촬상 장치에, 3 종류의 색을 검출하는 RGB 필터가 설치되어 있는 경우, 구체적으로는 R의 값은 식 (5-1)로 산출되고, G의 값은 식 (5-2)로 산출되고, B의 값은 식 (5-3)으로 산출된다. 또한, 식 (5-1)에서의 상수 k_r 의 값은 식 (5-4)로 산출되고, 식 (5-2)에서의 상수 k_g 의 값은 식 (5-5)로 산출되고, 식 (5-3)에서의 상수 k_b 의 값은 식 (5-6)으로 산출된다.

$$R = k_r \int_{\lambda_{vis}} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (5-1)$$

$$G = k_g \int_{\lambda_{vis}} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda \cdots (5-2)$$

$$B = k_b \int_{\lambda_{vis}} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (5-3)$$

$\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$: 컬러 필터의 분광 감도 분포

$$k_r = 1 / \int_{\lambda_{vis}} P(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (5-4)$$

$$k_g = 1 / \int_{\lambda_{vis}} P(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda \cdots (5-5)$$

$$k_b = 1 / \int_{\lambda_{vis}} P(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (5-6)$$

다음으로, 도 12에 도시한 플로우차트를 참조하여, 도 11에 도시한 단계 S1에서 행해지는 4색 컬러 필터 결정 처리에 대하여 설명한다.

또, 4색 컬러 필터의 결정 방법으로는 여러가지 방법이 있지만, 예를 들면 RGB 필터를 기조로 하여(기존의(도 1) G 필터의 한쪽을 G1 필터로 하여), G1 필터를 투과하는 색과 상관이 높은 색을 투과하는 G2 필터를 선택하고, 그것을 추가하여 4색 컬러 필터를 결정하는 처리에 대하여 설명한다.

단계 S21에서, UMG값을 산출하기 위해 사용되는 컬러 타깃이 선택된다. 예를 들면, 단계 S21에서, 현존하는 색을 대표하는 컬러 패치를 많이 포함하고, 또한 사람의 기억색(피부색, 식물의 녹색, 하늘의 청색 등)을 중시한 컬러 패치를 많이 포함하는 컬러 타깃이 선택된다. 컬러 타깃으로서, 예를 들면 IT8.7, Macbeth Color Checker, GretagMacbeth Digital Camera Color Checker, CIE, Color Bar 등이 있다.

또한, 목적에 따라, SOCS(Standard Object Color Spectra Database) 등의 데이터로부터, 표준으로 될 수 있는 컬러 패치를 작성하고, 그것을 사용하도록 하여도 된다. 또한, SOCS에 대해서는 「다지마 조우지, "표준 물체색 분광 데이터베이스(SOCS)에 의한 통계적 색 재현 평가", 컬러 포럼 JAPAN99」에 그 상세가 개시되어 있다. 이하, Macbeth Color Checker가 컬러 타깃으로서 선택된 경우에 대해 설명한다.

단계 S22에서, G2 필터의 분광 감도 특성이 결정된다. 분광 감도 특성으로서, 실존하는 재료로부터 작성 가능한 것을 사용하도록 하여도 되고, 도 13에 도시한 바와 같은 cubic spline 곡선(3차 스플라인 함수)으로 가상 곡선 C(λ)를 상정하고, 가상 곡선 C(λ)의 피크값 λ₀, 값 w(w₁과 w₂의 합을 2로 제산한 값), 값 Δw(w₁로부터 w₂를 감산한 값을 2로 제산한 값)을, 도면에 나타내는 범위에서 변화시킨 것을 사용하도록 하여도 된다. 또한, w, Δw의 값은, 반값 폭의 값에 기초한 값으로 된다. λ₀, w, Δw의 변화의 방법은, 예를 들면 5nm 조각으로 한다. 가상 곡선 C(λ)는, 각각의 범위에서, 아래 식(6-1) 내지(6-5)로 표시된다.

$$C(\lambda) = \frac{w_2^3 + 3w_2^2(w_2 - |\lambda - \lambda_0|) + 3w_2(w_2 - |\lambda - \lambda_0|)^2 - 3(w_2 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_2^3}$$

$$\wedge \quad 0 \leq \lambda - \lambda_0 \leq w_2 \cdots (6-1)$$

$$C(\lambda) = \frac{w_1^3 + 3w_1^2(w_1 - |\lambda - \lambda_0|) + 3w_1(w_1 - |\lambda - \lambda_0|)^2 - 3(w_1 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_1^3}$$

$$\wedge \quad -w_1 \leq \lambda - \lambda_0 \leq 0 \cdots (6-2)$$

$$C(\lambda) = \frac{(2w_2 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_2^3} \quad \wedge \quad w_2 \leq \lambda - \lambda_0 \leq 2w_2 \cdots (6-3)$$

$$C(\lambda) = \frac{(2w_1 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_1^3} \quad \wedge \quad -2w_1 \leq \lambda - \lambda_0 \leq -w_1 \cdots (6-4)$$

$$C(\lambda) = 0 \quad \wedge \quad \text{상기 범위 이내} \cdots (6-5)$$

또한, 이 예에서는, 필터 G2만이 추가되지만, 도 1에 도시한 필터(R, G, G, B)의 R 필터와 B 필터만을 사용하고, 남은 2개의 G1, G2 필터를, 녹색 부근의 상기 식(6-1) 내지(6-5)의 가상 곡선으로서 정의하는 것도 가능하다. 또한, 마찬가지로, R과 G만, G와 B만을, 도 1에 도시한 필터로부터 사용하도록 하여도 된다. 또한, 4색의 필터 중, 3색을 가상 곡선, 또는 4색 모두 가상 곡선으로서 정의하는 것도 가능하다.

단계 S23에서, 추가하는 필터(G2 필터)와, 현존하는 필터(R 필터, G1 필터, B 필터)가 조합되어, 4색 컬러 필터의 최소 단위(세트)가 작성된다. 또한, 단계 S24에서, 단계 S23에서 작성된 4색 컬러 필터에 대하여, 필터 평가 계수로서 UMG가 이용되어, UMG값이 산출된다.

도 8을 참조하여 설명한 바와 같이, UMG를 이용한 경우, 4색의 각각의 컬러 필터에 대하여 한번에 평가를 행할 수 있다. 또한, 물체의 분광 반사율을 고려하여 평가가 행해지는 것뿐만 아니라, 노이즈의 저감성도 고려하여 평가가 행해진다. UMG를 이용한 평가에서는, 각각의 필터의 분광 감도 특성에, 적절한 중복이 있는 필터에 대하여 높은 평가가 나타나기 때문에, 예를 들면 R의 특성과 G의 특성이 넓은 파장 대역에 걸쳐 중복된 특성을 갖는 필터(각각의 색 신호를 분리했을 때, 노이즈가 증폭되는 필터)에 대하여, 높은 평가가 나타난다는 것을 억제할 수 있다.

도 14는, 3색 컬러 필터에서 산출되는 UMG값의 예를 도시하는 도면이다. 예를 들면, RGB의 특성이 각각 중복되지 않은 도 14의 (A)에 도시한 바와 같은 특성의 필터에서는, 「0.7942」의 UMG값이 산출되고, R의 특성과 G의 특성이 넓은 파장 대역에 걸쳐 중복된 도 14의 (B)에 도시한 바와 같은 특성의 필터에서는, 「0.8211」의 UMG값이 산출된다. 또한, RGB 각각의 특성이 적절하게 중복되는 도 14의 (C)에 도시한 바와 같은 특성을 갖는 필터에서는, 「0.8879」의 UMG값이 산출된다. 즉, RGB 각각의 특성이 적절히 중복되는, 도 14의 (C)에 도시한 바와 같은 특성을 갖는 필터에 대하여 가장 높은 평가가 나타난다. 이것은, 4색 컬러 필터에서도 마찬가지이다. 또한, 도 14의 (A)에 도시한 곡선 L31, 도 14의 (B)에 도시한 곡선 L41, 및 도 14의 (C)에 도시한 곡선 L51은 R의 분광 감도를 나타내고, 도 14의 (A)에 도시한 곡선 L32, 도 14의 (B)에 도시한 곡선 L42, 및 도 14의 (C)에 도시한 곡선 L52는 G의 분광 감도를 나타내고, 도 14의 (A)에 도시한 곡선 L33, 도 14의 (B)에 도시한 곡선 L43, 및 도 14의 (C)에 도시한 곡선 L53은 B의 분광 감도를 나타내고 있다.

단계 S25에서, 단계 S24에서 산출된 UMG값이, 소정의 임계값인 「0.95」 이상인지의 여부가 판정되고, 「0.95」 미만이라고 판정된 경우, 단계 S26으로 진행하여, 작성된 4색 컬러 필터가 각하된다(사용되지 않는다). 단계 S26에서, 4색 컬러 필터가 각하된 경우, 그 후, 처리는 종료된다(도 11에 도시한 단계 S2 이후의 처리는 실행되지 않는다).

한편, 단계 S25에서, 단계 S24에서 산출된 UMG값이 「0.95」 이상이라고 판정된 경우, 단계 S27에서, 그 4색 컬러 필터가, 디지털 카메라로 사용되는 후보의 필터로 된다.

단계 S28에서, 단계 S27에서 후보가 필터로 된 4색 컬러 필터가, 현존하는 재료, 염료로 실현 가능한지의 여부가 판정된다. 재료, 염료 등이 취득 곤란한 경우, 실현 불가능하다고 판정되고, 단계 S26으로 진행하여, 그 4색 컬러 필터가 각하된다.

한편, 단계 S28에서, 재료, 염료 등이 취득 가능하고, 실현 가능하다고 판정된 경우, 단계 S29로 진행하여, 작성된 4색 컬러 필터가, 디지털 카메라에서 사용되는 필터로서 결정된다. 그 후, 도 11에 도시한 단계 S2 이후의 처리가 실행된다.

도 15는, 단계 S29에서 결정된 4색 컬러 필터의 분광 감도 특성의 예를 도시하는 도면이다.

도 15에서, 곡선 L61은 R의 분광 감도를 나타내고, 곡선 L62는 G1의 분광 감도를 나타내고 있다. 또한, 곡선 L63은 G2의 분광 감도를 나타내고, 곡선 L64는 B의 분광 감도를 나타내고 있다. 도 15에 도시한 바와 같이, G2의 분광 감도 곡선(곡선 L63)은, G1의 분광 감도 곡선(곡선 L62)에 대하여 상관이 높다. 또한, R의 분광 감도, G(G1, G2)의 분광 감도, 및 B의 분광 감도는, 각각 적절한 범위에서 중복되어 있다.

이상과 같이 하여 결정된 4색 컬러 필터를 이용함으로써, 특히 「색 재현성」 중 「색의 판별성」을 개선시킬 수 있다.

또한, 광의 이용 효율의 관점에서부터, 이상과 같이, 현존하는 RGB 필터의 G 필터와 상관이 높은 필터를, 추가하는 필터(G2 필터)로 하는 것이 바람직하다. 이 경우, 추가하는 필터의 분광 감도 곡선의 피크값은, 경험적으로 495 내지 535nm의 범위(현존하는 G 필터의 분광 감도 곡선의 피크값의 근방)에 있는 것이 바람직하다.

또한, 현존하는 G 필터와 상관이 높은 필터를 추가하는 경우, 도 1에 도시한 최소 단위(R, G, G, B)를 구성하는 2개의 G 필터 중 어느 한쪽을 추가색의 필터로 하는 것만으로 4색 컬러 필터를 작성할 수 있기 때문에, 작성의 행정에 큰 변경을 가할 필요가 없다.

이상과 같이 하여 4색 컬러 필터가 작성되고, 그것이 디지털 카메라에 설치된 경우, 도 10에 도시한 신호 처리 장치(71)에는 4 종류의 색 신호가 신호 생성 처리부(94)로부터 공급되기 때문에, 리니어 매트릭스 처리부(95)에서, 4색(R, G1, G2,

B)의 신호로부터 3색(R, G, B)의 신호를 생성하는 변환 처리가 행해진다. 이 변환 처리는, 휘도 리니어인(휘도값을 선형적인 변환에 의해 나타낼 수 있다) 입력 신호값에 대한 매트릭스 처리이기 때문에, 이하, 리니어 매트릭스 처리부(95)에서 행해지는 변환 처리를, 적절하게, 리니어 매트릭스 처리라고 칭한다.

다음으로, 도 16에 도시한 플로우차트를 참조하여, 도 11에 도시한 단계 S2에서 실행되는, 리니어 매트릭스 계수 M 결정 처리에 대하여 설명한다. 또한, 리니어 매트릭스 계수 M 결정 처리에서 사용되는 컬러 타겟은 Macbeth Color Checker로 하고, 또한 사용되는 4색 컬러 필터는 도 15에 도시한 분광 감도 특성을 갖는 것으로 한다.

단계 S41에서, 예를 들면 CIE(Commision Internationaledel' Eclairange)에서 표준 광원으로 되어 있는 일반적인 주광 D65(조명광 L(λ))가 조명광으로서 선택된다. 또, 조명광은 화상 처리 장치가 빈번히 사용되는 것이 예상되는 환경의 조명 광 등으로 변경하여도 된다. 또한, 상정되는 조명 환경이 복수 있는 경우, 리니어 매트릭스를 복수 준비하는 것도 생각된다. 이하, 조명광으로서, 주광 D65가 선택된 경우에 대해 설명한다.

단계 S42에서, 레퍼런스값(참조값) X_r, Y_r, Z_r이 산출된다. 구체적으로는, 레퍼런스값 X_r은 식 (7-1)에 의해 산출되고, Y_r은 식 (7-2)에 의해 산출되고, Z_r은 식 (7-3)에 의해 산출된다.

$$X_r = k \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \cdots (7-1)$$

$$Y_r = k \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \cdots (7-2)$$

$$Z_r = k \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \cdots (7-3)$$

R(λ): 물체의 분광 반사율
 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: 등색 함수

또한, 상수 k는 식 (8)에 의해 산출된다.

$$k = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot y(\lambda) d\lambda$$

예를 들면, 컬러 타겟이 Macbeth Color Checker인 경우, 24색분의 레퍼런스값이 산출된다.

다음으로, 단계 S43에서, 4색 컬러 필터의 출력값 R_f, G_{1f}, G_{2f}, B_f가 산출된다. 구체적으로는, R_f는 식 (9-1)에 의해 산출되고, G_{1f}는 식 (9-2)에 의해 산출되고, G_{2f}는 식 (9-3)에 의해 산출되고, B_f는 식 (9-4)에 의해 산출된다.

$$R_f = k_r \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (9-1)$$

$$G_{1f} = k_{g1} \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{g1}(\lambda) d\lambda \cdots (9-2)$$

$$G_{2f} = k_{g2} \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{g2}(\lambda) d\lambda \cdots (9-3)$$

$$B_f = k_b \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (9-4)$$

$\bar{r}(\lambda), \bar{g1}(\lambda), \bar{g2}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$: 컬러 필터의 분광 감도 분포

또한, 상수 k_r은 식 (10-1)에 의해 산출되고, 상수 k_{g1}은 식 (10-2)에 의해 산출되고, 상수 k_{g2}는 식 (10-3)에 의해 산출되고, 상수 k_b는 식 (10-4)에 의해 산출된다.

$$k_r = 1/\int_{vis} L(\lambda) \bullet \bar{r}(\lambda) d\lambda \dots (10-1)$$

$$k_{g1} = 1/\int_{vis} L(\lambda) \bullet \bar{g1}(\lambda) d\lambda \dots (10-2)$$

$$k_{g2} = 1/\int_{vis} L(\lambda) \bullet \bar{g2}(\lambda) d\lambda \dots (10-3)$$

$$k_b = 1/\int_{vis} L(\lambda) \bullet \bar{b}(\lambda) d\lambda \dots (10-4)$$

예를 들면, 컬러 타겟이 Macbeth Color Checker인 경우에는, 24색분의 출력값 $R_f, G1_f, G2_f, B_f$ 가 산출된다.

단계 S44에서, 단계 S43에서 산출된 필터 출력값을, 단계 S42에서 산출된 레퍼런스값(XYZ_{ref})에 근사시키는 변환을 행하는 매트릭스가, 예를 들면 XYZ 색 공간에서의 오차 최소 제곱법에 의해 산출된다.

예를 들면, 산출되는, 3×4의 매트릭스를 식 (11)에서 나타내는 A로 한 경우, 매트릭스 변환 (XYZ_{exp})는, 다음의 식 (12)로 나타낸다.

$$A = \begin{bmatrix} a0 & a2 & a3 & a4 \\ a4 & a5 & a6 & a7 \\ a8 & a9 & a10 & a11 \end{bmatrix}$$

$$XYZ_{exp} = \begin{bmatrix} \hat{X} \\ \hat{Y} \\ \hat{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a0 & a2 & a3 & a4 \\ a4 & a5 & a6 & a7 \\ a8 & a9 & a10 & a11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_f \\ G1_f \\ G2_f \\ B_f \end{bmatrix}$$

또한, 레퍼런스값에 대한 매트릭스 변환(식 (12))의 오차의 제곱(E2)은, 다음의 식 (13)으로 나타나고, 이것에 기초하여 레퍼런스값에 대한 매트릭스 변환의 오차를 최소화 하는 매트릭스 A가 산출된다.

$$E^2 = |XYZ_{ref} - XYZ_{exp}|^2$$

또한, 오차 최소 제곱법으로 사용하는 색 공간을, XYZ 색 공간 이외의 것으로 변경하도록 하여도 된다. 예를 들면, 사람의 지각에 대하여 균등한 Lab, Luv, Lch 색 공간(지각 균등 색 공간)으로 변환한 후에 마찬가지로의 연산을 행함으로써, 지각적인 오차가 적은 색의 재현을 가능하게 하는 리니어 매트릭스를 산출할 수 있다. 또, 이들의 색 공간의 값은, XYZ값으로부터 비선형인 변환에 의해 산출되기 때문에, 오차 최소 제곱법에서도 비선형인 계산 알고리즘이 사용된다.

전술한 바와 같은 연산에 의해, 예를 들면 도 15에 도시한 분광 감도 특성을 갖는 필터에 대한 매트릭스 계수로서 식 (14)로 나타내는 것이 산출된다.

$$A = \begin{bmatrix} 0.476 & 0.905 & 0.261 & -0.691 \\ 0.2 & 1.154 & -0.061 & -0.292 \\ -0.004 & 0.148 & 0.148 & -0.481 \end{bmatrix}$$

단계 S45에서, 리니어 매트릭스가 결정된다. 예를 들면, 작성되는 최종의 RGB 화상 데이터가 다음의 식 (15)로 나타낸다고 한 경우, 리니어 매트릭스(LinearM)은, 이하와 같이 하여 산출된다.

$$RGBout = [R_0, G_0, B_0]^t$$

즉, 조명광이 D65인 경우, sRGB 색 공간을 XYZ 색 공간으로 변환하는 변환식은 ITU-R709.BT 매트릭스를 포함하는 식 (16)으로 나타내고, 그 ITU-R709.BT 매트릭스의 역 매트릭스에 의해 식 (17)이 산출된다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

식 (12)의 매트릭스 변환식, 식 (15) 및 식 (17)의 ITU-R709.BT 매트릭스의 역 매트릭스에 의해, 식 (18)이 산출된다. 식 (18)의 우변에는, ITU-R709.BT 매트릭스의 역 매트릭스와, 전술한 매트릭스 A를 승산한 값으로서의 리니어 매트릭스가 포함된다.

$$\begin{bmatrix} R_0 \\ G_0 \\ B_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_4 & a_5 & a_6 & a_7 \\ a_8 & a_9 & a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_f \\ G1_f \\ G2_f \\ B_f \end{bmatrix}$$

즉, 3×4의 리니어 매트릭스(LinearM)은 식 (19-1)에 의해 표시되며, 예를 들면 식 (14)의 매트릭스 계수가 이용된다. 도 15에 도시한 분광 분포 특성을 갖는 4색 컬러 필터에 대한 리니어 매트릭스는, 식 (19-2)에 의해 표시된다.

$$\begin{aligned} \text{LinearM} &= \begin{bmatrix} l_1 & l_2 & l_3 & l_4 \\ l_4 & l_5 & l_6 & l_7 \\ l_8 & l_9 & l_{10} & l_{11} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_4 & a_5 & a_6 & a_7 \\ a_8 & a_9 & a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \cdots (19-1) \\ \text{LinearM} &= \begin{bmatrix} 1.238 & 1.084 & 0.228 & -1.55 \\ -0.087 & 1.295 & -0.309 & 0.101 \\ -0.018 & -0.029 & 1.535 & -0.485 \end{bmatrix} \cdots (19-2) \end{aligned}$$

이상과 같이 하여 산출된 리니어 매트릭스가, 도 10에 도시한 리니어 매트릭스 처리부(95)에 공급된다. 이에 의해, 휘도를 선형 변환에 의해 나타낼 수 있는 신호 (R, G1, G2, B)에 대하여 매트릭스 처리를 행할 수 있기 때문에, 도 2에 도시한 신호 처리부(11)에서의 처리와 같이, 감마 처리를 실시한 후에 얻어지는 신호에 대하여 매트릭스 처리를 행하는 경우에 비하여, 색채 공학적으로, 보다 충실한 색을 재현시킬 수 있다.

다음으로, 도 11에 도시한 단계 S6에서 행해지는 평가에 대하여 설명한다.

이상과 같이 하여 작성된, 예를 들면 도 15에 도시한 분광 감도 특성을 갖는 4색 컬러 필터가 설치된 촬상 장치의 색 재현성과, 도 1에 도시한 3색 컬러 필터가 설치되는 화상 처리 장치의 색 재현성을 비교한 경우, 이하와 같은 차가 나타난다.

예를 들면, 맥베스 차트를 2 종류의 화상 입력 장치(4색 컬러 필터가 설치되는 촬상 장치와, 3색 컬러 필터가 설치되는 촬상 장치)로 촬상했을 때의 출력값과 레퍼런스값과의 Lab 색 공간에서의 색차가 다음의 식 (20)에 의해 각각 산출된다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

$L_1 - L_2$ 는 2개의 시료의 명도차이고, $a_1 - a_2$, $b_1 - b_2$ 는 2개의 시료의 색상·채도의 성분차를 나타내고 있다.

도 17은, 식 (20)에 의한 산출 결과를 나타내는 도면이다. 도 17에 도시한 바와 같이, 3색 컬러 필터가 설치되는 촬상 장치인 경우에는 색차가 「3.32」인 데 대하여, 4색 컬러 필터가 설치되는 촬상 장치인 경우에는 「1.39」이고, 「색이 보이는 느낌」은 4색 컬러 필터가 설치된 촬상 장치 쪽이 우수하다(색차가 작다).

도 18에서는, 물체 R1의 R값이 「49.4」, G값이 「64.1」, B값이 「149.5」로 되고, 물체 R2의 R값이 「66.0」, G값이 「63.7」, B값이 「155.6」으로 되어 있다. 따라서, 4색 컬러 필터에서는, 물체 R1과 물체 R2의 RGB값은 각각 상이한 값으로 되고, 눈으로 본 경우와 마찬가지로, 각각의 물체의 색이 식별되어 있다. 즉, 4 종류의 색을 식별할 수 있는 필터를 설치함으로써, 「색의 판별성」이 개선되고 있다.

이상에서는, 4색 컬러 필터(61)는, 도 6에 도시한 바와 같이 G1 필터의 좌우에 B 필터가 설치됨과 함께, G2 필터의 좌우에 R 필터가 설치되는 것 같은 배열에 의해 구성되는 것으로 하였지만, 도 19에 도시한 바와 같은 배열에 의해 구성되도록 하여도 된다. 도 19에 도시한 4색 컬러 필터(61)에서는, G1 필터의 좌우에 R 필터가 설치됨과 함께, G2 필터의 좌우에 B 필터가 설치되어 있다. 4색 컬러 필터(61)를 이와 같이 구성함으로써, 도 6에 도시한 것과 마찬가지로, 「색의 판별성」, 「색의 재현성」 및 「노이즈의 저감성」을 향상시킬 수 있다.

그런데, 색차(ΔE 값)를 최소로 하도록, 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한 경우, 만일 화상 센서(45)의 전단부에 형성되어 있는 컬러 필터의 분광 감도가 도 4에 도시한 바와 같이 중복되어 있을 때에는, 식 (21)과 같이 리니어 매트릭스 계수 M의 차가 커지게 된다.

$$\begin{bmatrix} r'(\lambda) \\ g'(\lambda) \\ b'(\lambda) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6.56 & -5.54 & 1.18 \\ -2.01 & 3.12 & -0.16 \\ 0.12 & -0.28 & 1.07 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r(\lambda) \\ g(\lambda) \\ b(\lambda) \end{bmatrix}$$

촬상 소자의 출력 신호에는, 미소한 노이즈 성분이 포함되어 있기 때문에, 이러한 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 색 분리 처리를 행하면, 미소한 노이즈 성분도 증폭되게 된다. 따라서, 리니어 매트릭스 계수 M의 차가 커지지 않도록, 색 재현성보다도 노이즈 저감성을 고려할 필요가 발생한다. 그러나, 해당 촬상 장치에 의해 실제로 피사체를 촬상할 때에, 촬상하는 신이나 환경에 의해, 색 재현성보다도 노이즈 저감성을 중시하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하여, 적응적으로 리니어 매트릭스 처리를 행한 쪽이 화질의 향상을 도모할 수 있는 경우나, 반대로, 노이즈 저감성보다도 색 재현성을 중시하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하여, 적응적으로 리니어 매트릭스 처리를 행한 쪽이 화질의 향상을 도모할 수 있는 경우가 있다. 또한, 촬상 장치의 사용의 용도는, 유저마다 다르기 때문에, 리니어 매트릭스 계수 M의 결정을 유저가 임의로 행하고자 하는 경우가 있다.

따라서, 본원 발명에 따른 촬상 장치에서는, 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해, 도 20에 도시한 플로우차트에 따라서 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다.

우선, 사용하는 차트 및 조명광의 결정을 행하고(단계 S50), 다음으로 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 의 정의를 행하고(단계 S51), 계속해서 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 정의를 행하고(단계 S52), 다음으로 평가 지수 $EEV(M)$ (Error Evaluation Value)의 정의를 행하고(단계 S53), 그리고, 평가 지수 $EEV(M)$ 에 기초하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다(단계 S54). 또, 단계 54에서는, 평가 지수 $EEV(M)$ 의 계수를 촬상 조건 등에 의해 적응적으로 변화시켜, 대응하는 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 이하에, 각 단계의 상세에 대하여 설명한다.

사용하는 차트 및 조명광의 결정(단계 S50)에 대하여 설명한다. 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하기 위해서는, 컬러 차트와, 그 컬러 차트를 조명하는 광원을 정할 필요가 있다. 컬러 차트로서는, Macbeth Color Checker, Digital Camera Color Checker, IT8.7 등의 복수의 균일한 색 평면을 갖는 컬러 패치로 이루어지는 여러가지 반사 차트 또는 투과 차트가 생각된다. 조명광으로서, 촬상 장치가 자주 사용되는 환경의 광에 가까운 분광 감도를 갖는 것(예를 들면 D55나 광원 등)이 생각된다. 또, 촬상 장치는, 유저의 사용 목적에 따라 여러가지 광원 하에서 이용되는 것이 생각되기 때문에, 조명광으로서, 자주 사용되는 환경의 광만으로 한정되는 것은 아니다.

다음으로, 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 의 정의(단계 S51)에 대하여 설명한다. 색 재현성은, 목표색과 촬상 장치의 리니어 매트릭스 처리부(95)에서 리니어 매트릭스 처리가 행해진 신호값이 나타내는 색(이하, 출력색이라고 함)과의 차로 정의된다. 또, 색의 값으로서는, RGB값, YCbCr값 또는 XYZ값 등 여러가지가 생각되지만, 사람의 눈에 보이는 것에 대하여 지각이 균등한 색 공간의 값($L^*a^*b^*$ 값, $L^*u^*v^*$ 값 등)을 이용하여 정의하는 쪽이, 보다 색의 차를 정확하게 나타내는 것이 가능해진다. 예를 들면, 컬러 차트 중 k번째의 컬러 패치의 목표색을 $Lab_{ref_k}(L^*_{ref_k}, a^*_{ref_k}, b^*_{ref_k})$ 로 하고, 촬상 장치의 출력색을 $L^*a^*b^*_{shot_k}(L^*_{shot_k}, a^*_{shot_k}, b^*_{shot_k})$ 로 하면, 이 패치의 색차 ΔE_k 는 식 (22)와 같이 된다.

$$\Delta E_k = \sqrt{(L^*_{ref_k} - L^*_{shot_k})^2 + (a^*_{ref_k} - a^*_{shot_k})^2 + (b^*_{ref_k} - b^*_{shot_k})^2}$$

또한, 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 으로서는, 컬러 차트의 각 패치의 평균 ΔE 값이나, 각 패치에 가중치 부여를 행하여 임의의 특정색의 색 재현성을 중시한 값 등이 생각된다.

$$\Delta E = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \Delta E_k$$

단, w_k 는, 각 패치에 대한 가중치 부여 계수를 나타내고, TotalPatchNum은, 컬러 패치의 총수를 나타낸다.

또한, 실제로는 촬상 장치의 출력색에는, 리니어 매트릭스 처리가 실시되어 있기 때문에, $L^*a^*b^*_{shot_k}$ 는, 리니어 매트릭스 계수 M의 함수값으로 되고, 따라서 ΔE_k , ΔE 도 M의 함수값으로 된다.

$$\begin{aligned} \Delta E(M) &= \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \Delta E_k(M) \\ &= \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \sqrt{(L^*_{ref_k} - L^*_{shot_k}(M))^2 + (a^*_{ref_k} - a^*_{shot_k}(M))^2 + (b^*_{ref_k} - b^*_{shot_k}(M))^2} \end{aligned}$$

다음으로, 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 정의(단계 S52)에 대하여 설명한다. 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 은, 촬상 장치의 리니어 매트릭스 처리부(95)에서 리니어 매트릭스 처리가 행해진 신호값의 표준 편차로 정의한다. 신호값으로서는, RGB값, YCbCr값 또는 XYZ값 등 여러가지가 생각되지만, 사람의 눈에 보이는 것에 대하여 지각이 균등한 색 공간의 값($L^*a^*b^*$ 값, $L^*u^*v^*$ 값 등)을 이용하여 신호값을 정의하는 쪽이, 보다 사람이 느끼는 노이즈감과 상관이 있는 노이즈값 σN_k 를 얻는 것이 가능해진다. 또한, 노이즈값은, 신호값의 색 공간에 대응하여, 색 공간의 각 성분의 표준 편차로 된다. 예를 들면, RGB 공간인 경우에는, 노이즈값은, σR , σG , σB 로 되고, XYZ 공간인 경우에는, 노이즈값은 σX , σY , σZ 로 된다. 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 정의에서는, 이들의 노이즈값을 사용하여 하나의 노이즈 지표를 결정한다. 예를 들면, 임의의 컬러 필터를 조명광 아래에서 촬상한 경우, $L^*a^*b^*$ 공간의 노이즈값 σN_k 는, 명도 노이즈를 σL^*_k , 색 노이즈를 σa^*_k , σb^*_k 로 하고, 이들의 값으로부터 예를 들면 식 (25)와 같은 명도 및 색 노이즈를 고려한 것으로서 정의된다.

$$\sigma N_k = \sqrt{\left(\frac{\sigma L^*_k}{wL^*_k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma a^*_k}{wa^*_k}\right)^2 + \left(\frac{\sigma b^*_k}{wb^*_k}\right)^2}$$

단, wL^*_k , wa^*_k , wb^*_k 는, 각 표준 편차값에의 가중치 부여 계수를 나타내고, 사람의 눈이 느끼는 노이즈감과의 상관으로 적절하게 설정되는 것이다. 또, 노이즈값 σN_k 로서는, 다른 색 공간의 분산값을 사용한 것 등 여러가지 생각된다. 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 으로서는, 컬러 차트의 각 필터의 평균 σN 값이나, 각 패치에 가중치 부여를 행하여 임의의 특정색의 노이즈 저감성을 중시한 값 등이 생각된다.

$$\sigma N = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \sigma N_k$$

실제로는, 활상 장치의 신호값에는, 리니어 매트릭스 처리가 실시되어 있기 때문에, σN_k 및 σN 은 리니어 매트릭스 계수 M의 함수값으로 된다.

$$\sigma N(M) = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \sigma N_k(M)$$

다음으로, 평가 지수 EEV(M)의 정의(단계 S53)에 대하여 설명한다. 전술한 단계 S51 및 단계 S52의 정의에 의해, 리니어 매트릭스 계수 M의 함수값인 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 및 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 2치를 고려한 평가 지수 EEV(Error Evaluation Value)(M)을 식 (28)과 마찬가지로 정의한다.

$$EEV(M) = l[j\{wc \cdot h(\Delta E(M))\} + k\{wn \cdot i(\sigma N(M))\}]$$

단, h, l, j, k, l은 함수를 나타내고, wc는 색차에 대한 가중치 부여 계수를 나타내고, wn은 노이즈값에 대한 가중치 부여 계수를 나타낸다. wc와 wn을 변화시켜서, 평가 지수 EEV(M)이 최소로 되도록 리니어 매트릭스 계수 M을 결정함으로써, 색 재현성 및 노이즈 저감성의 쌍방을 고려한 리니어 매트릭스 계수 M의 결정이 가능해진다. 또한, 색 재현성을 중시하고자 하는 경우에는, $wc > wn$ 으로 하고, 노이즈 저감성을 중시하고자 하는 경우에는, $wc < wn$ 으로 가중치 부여를 설정하면 된다.

다음으로, 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하는 수단(단계 S54)에 대하여 설명한다. 단계 S53에 의해 정의한 평가 지수 EEV(M)에 오차 최소 제공법을 적용하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 또, 단계 S54에서는, wc 및 wn을 적당하게 정하여, 예를 들면 Newton법, Steepest Descent법 또는 Conjugate Gradient법 등을 회귀 알고리즘으로서 사용하여 오차 최소 제공법을 적용하여, 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다.

또한, 단계 S54에서는, 활상 장치에 의해 피사체를 활상할 때의 환경이나 조건 등에 의해 단계 S53에서 정의한 평가 지수 EEV(M)의 색차에 대한 가중치 부여 계수 wc 및 노이즈값에 대한 가중치 부여 계수 wn을 적응적으로 변화시키고, 오차 최소 제공법에 의해 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 도 21에, 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 을 변화시켰을 때의 노이즈값 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 변화의 모습을 나타낸다. 도 21에 도시한 바와 같이, 하나의 활상 소자에서도, 리니어 매트릭스 계수 M에 의해서 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 과 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 트레이드 오프가 존재한다. 그 결과를 이용하여, 여러가지 활상 환경 및 조건 등에 따라서 적응적으로 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 또한, 미리 몇개의 리니어 매트릭스 계수 M의 세트를 준비하여, 유저가 필요에 따라 리니어 매트릭스 계수 M을 선택하여 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 및 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 을 조절하는 것도 가능하다.

여기서, 촬상 장치가 도 22에 도시한 바와 같은 특성의 4색 컬러 필터로 이루어지는 CCD 촬상 소자를 갖고 있는 경우에, 전술한 단계 S50~단계 S54에 따라서 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하는 구체예에 대하여 설명한다.

우선, 사용하는 차트 및 조명광을 결정한다(단계 S50). 컬러 차트는, Macbeth Color Checker(24색의 컬러 필터를 포함함)를 사용하고, 조명광은 D55 광원(CIE에서 정의되는 5500k의 표준 주광)을 사용한다. 또한, 각각의 분광 데이터는, 예를 들면 분광 방사 휘도계를 이용하여 측정되어 있는 것으로 한다.

다음으로, 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 의 정의를 행한다(단계 S51). 목표색을 사람의 눈에 보이는 것으로 하고, Lab 공간에서의 색차 ΔE 를 지표로 한다. 일반적으로 물체색은, 「물체의 분광 반사율」과 「조명의 분광 에너지 분포」와 「물체를 감지하는 센서의 분광 감도 분포」와의 곱을 가시광 영역 vis(통상 400nm~700nm)의 범위에서 적분한 값에 의해 식 (29)와 같이 정의된다.

$$\text{물체색} = \int_{\text{vis}} (\text{물체의 분광 반사율}) \cdot (\text{조명의 분광 휘도}) \cdot (\text{물체를 감지하는 센서의 분광 감도})$$

또한, 사람의 눈의 분광 감도를 나타내는 등색 함수를 이용하면, 컬러 차트의 k번째의 패치의 목표색 XYZ_{ref_k} (X_{ref_k} , Y_{ref_k} , Z_{ref_k})는, 식 (29)를 이용하여 식 (30)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} X_{\text{ref}_k} &= m \int_{\text{vis}} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y_{\text{ref}_k} &= m \int_{\text{vis}} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z_{\text{ref}_k} &= m \int_{\text{vis}} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\}$$

단, $R_k(\lambda)$: Macbeth 차트 중 임의의 k번째 컬러 패치의 분광 반사율
 $L(\lambda)$: 조명광 D55 분광 반사 휘도
 $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$: 등색 함수
 $m = 1 / \int_{\text{vis}} L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$

또한, 통상은, 식 (31)을 사용하여 XYZ 공간의 색을 L*a*b*공간의 색으로 변환한다.

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500 \cdot \left\{ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \right\} \\ b^* &= 200 \cdot \left\{ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \right\} \end{aligned} \right\}$$

단, (X_n, Y_n, Z_n) 은, 완전 확산 반사면(백점)의 XYZ값을 나타내고 있다.

그리고, 목표색 XYZ_{ref_k} 를 식 (31)을 이용하여 $L^*a^*b^*_{\text{ref}_k}$ ($L^*_{\text{ref}_k}$, $a^*_{\text{ref}_k}$, $b^*_{\text{ref}_k}$)로 변환한다.

또한, CCD 촬상 소자로부터 출력되는 신호값인 raw 데이터 $RGBX_{\text{raw}_k}$ (R_{raw_k} , G_{raw_k} , B_{raw_k} , X_{raw_k})는, 식 (29)를 이용하면 식 (32)와 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} R_{raw_k} &= mr \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \\ G_{raw_k} &= mg \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda \\ B_{raw_k} &= mb \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \\ X_{raw_k} &= mx \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\}$$

단, $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}, \bar{x}$: 카메라의 CCD 컬러 필터의 분광 감도 분포

$$mr = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda$$

$$mg = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

$$mb = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

$$mx = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

촬영 장치는, 리니어 매트릭스 처리부(95)에서 raw 데이터 RGBX_{raw_k}(R_{raw_k}, G_{raw_k}, B_{raw_k}, X_{raw_k})를 리니어 매트릭스 계수 M(m0~m11)을 이용하여 리니어 매트릭스 처리를 하기 때문에, 리니어 매트릭스 처리 후의 촬영 데이터는 식 (33)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} R_{cam_k} \\ G_{cam_k} \\ B_{cam_k} \end{bmatrix} &= M \cdot \begin{bmatrix} R_{raw_k} \\ G_{raw_k} \\ B_{raw_k} \\ X_{raw_k} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} m0 & m1 & m2 & m3 \\ m4 & m5 & m6 & m7 \\ m8 & m9 & m10 & m11 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{raw_k} \\ G_{raw_k} \\ B_{raw_k} \\ X_{raw_k} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

그리고, 상기 RGB_{cam_k}를 XYZ값으로 변환한다. 또한, 변환에는, 식 (34)에 나타낸 바와 같이, 일반적으로 사용되어 있는 709계 매트릭스 M₇₀₉를 사용한다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M_{709} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

다음으로, 식 (34)를 이용하여, X_{cam_k}, Y_{cam_k}, 및 Z_{cam_k}를 구한다.

$$\begin{bmatrix} X_{cam_k} \\ Y_{cam_k} \\ Z_{cam_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{cam_k} \\ G_{cam_k} \\ B_{cam_k} \end{bmatrix}$$

또한, 식 (31)을 이용하여 L*a*b*값(L*a*b*_{cam_k}(L*_{cam_k}, a*_{cam_k}, b*_{cam_k}))로 변환하여, 컬러 차트의 k번째의 필터의 색차 ΔE_k를 식 (36)과 같이 정의한다.

$$\Delta E_k = \sqrt{(L^*_{ref_k} - L^*_{cam_k})^2 + (a^*_{ref_k} - a^*_{cam_k})^2 + (b^*_{ref_k} - b^*_{cam_k})^2}$$

또, ΔE_k 는, $L^*a^*b^*_{cam_k}$ 의 값을 사용하고 있기 때문에, 리니어 매트릭스 계수 M의 함수값에서도 있기 때문에, $\Delta E_k(M)$ 로 나타낼 수 있다. 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 은, 식 (37)에 도시한 바와 같이 각 컬러 패치의 색차의 평균값으로서 정의한다.

$$\Delta E(M) = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} \Delta E_k(M)$$

단, $TotalPatchNum = 24$: 컬러 패치의 총수

다음으로, 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 의 정의를 행한다(단계 S52). 또, 여기서는, 촬상 장치의 리니어 매트릭스 처리부(95)에 의한 리니어 매트릭스 처리 후의 신호값에 포함되어 있는 $\sigma L(M)$ 성분은 기초하여 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 을 정의한다.

일반적으로 CCD 촬상 소자 자체가 출력하는 신호 CV_{CCD} 에 포함되어 있는 노이즈 $Noise_{raw}$ 는, 식 (38)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} Noise_{raw} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot CV_{CCD} + DarkNoise} \\ &= \sqrt{ShotNoise + DarkNoise} \end{aligned}$$

또, ShotNoiseCoef와 DarkNoise는, CCD 촬상 소자의 디바이스 특성에 의해서 결정되는 값이다. DarkNoise는, 신호값에 의존하지 않는 노이즈 성분(Fixed Pattern Noise 등)을 나타내고, ShotNoise는, 신호값에 의존하는 노이즈 성분(Sensor Dark Noise, Photon Shot Noise 등)을 나타낸다.

식 (31)을 사용하면, 평가하는 촬상 장치의 k번째의 컬러 패치의 raw 데이터에 포함되어 있는 노이즈 성분은 식 (39)과 같이 정의된다.

$$\left. \begin{aligned} Noise_{Rraw_k} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot R_{raw_k} + DarkNoise} \\ Noise_{Graw_k} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot G_{raw_k} + DarkNoise} \\ Noise_{Braw_k} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot B_{raw_k} + DarkNoise} \\ Noise_{Xraw_k} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot X_{raw_k} + DarkNoise} \end{aligned} \right\}$$

또한, 문헌(P.D.Burns and R.S.Berns, "Error Propagation Analysis in Color Measurement and Imaging", Color Research and Application, 1997)에는, 이하에 기재하는 것과 같은 노이즈 전파 이론이 기재되어 있다.

소정의 입력 신호 $X'=[x_1, x_2, \dots, x_n]$ 이, $(m \times n)$ 매트릭스 A에 의해서, $Y'=[y_1, y_2, \dots, y_m]$ 으로 선형 변환되는 것으로 하면, 식 (40)과 같이 나타낸다.

$$Y' = A \cdot X'$$

이제, 입력 신호 X'의 분산 공분산 행렬 Σ_X 가, 식 (41)에 기재된 바와 같이 되면, 대각 성분이 입력 신호의 Noise 분산값으로 된다.

$$\Sigma_x = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \\ \sigma_{n1} & & & \sigma_{nn} \end{bmatrix}$$

만일, 입력 신호값끼리의 상관성이 없으면, 행렬 성분 중 공분산 성분(즉 비대각 성분)은 0으로 된다. 이 때, 출력 신호 Y의 분산 공분산 행렬 Σ_y 는, 식 (42)와 같이 정의된다.

$$\Sigma_y = A \cdot \Sigma_x A'$$

또한, 식 (42)는, 선형 변환으로 변환할 수 있는 색 공간끼리에서의, Noise 분산값의 전파 이론식으로 된다.

또한, 촬상 장치의 리니어 매트릭스 처리부(95)에 의한 리니어 매트릭스 처리 후의 신호 RGB_{cam_k} 를 $L*a*b*_{cam_k}$ 로 변환하기 위해서는, RGB 공간으로부터 XYZ 공간에의 변환 처리(이하, RGB→XYZ 변환 처리라고 함)를 행하고, 그 후 XYZ 공간으로부터 $L*a*b*$ 공간으로의 변환 처리(이하, XYZ→ $L*a*b*$ 변환 처리라고 함)를 행할 필요가 있다. RGB→XYZ 변환 처리는, 식 (34)에 나타낸 709계 매트릭스 M_{709} 를 사용하여 선형 변환을 행할 수 있지만, XYZ→ $L*a*b*$ 변환 처리는, 식 (31)에 나타낸 바와 같이 비선형 변환을 행할 필요가 있다. 그러나, XYZ→ $L*a*b*$ 변환 처리는, 노이즈량이 미소량이기 때문에, Jacobian 매트릭스 J_{L*a*b*_k} 를 사용하여 선형 근사할 수 있어, RGB→XYZ 변환 처리와 마찬가지로 선형 변환에 의해 행할 수 있다.

리니어 매트릭스 후의 신호값을 XYZ값으로 변환한 값을 $XYZ_{cam_k}(X_{cam_k}, Y_{cam_k}, Z_{cam_k})$ 로 하면, 식 (43)과 같이 나타낼 수 있다.

$$J_{L*a*b*_k} = J_0 D(XYZ_{cam_k})$$

단, J_0 은, 식 (44)로 한다.

$$J_0 = \begin{bmatrix} 0 & 116 & 0 \\ 500 & -500 & 0 \\ 0 & 200 & -200 \end{bmatrix}$$

또는

$$v(a,b) = \begin{cases} \frac{1}{3} \cdot a^{\frac{2}{3}} \cdot b^{\frac{1}{3}} & \frac{a}{b} > 0.008856 \\ 7.787 \cdot b^{-1} & \frac{a}{b} \leq 0.008856 \end{cases}$$

로 하면 식 (45)로 된다.

$$D(XYZ_{cam_k}) = \begin{bmatrix} v(X_{cam_k}, X_n) & 0 & 0 \\ 0 & v(Y_{cam_k}, Y_n) & 0 \\ 0 & 0 & v(Z_{cam_k}, Z_n) \end{bmatrix}$$

단, 완전 분산 반사면(백점)의 XYZ값을 XYZn(Xn, Yn, Zn)으로 한다.

따라서, CCD 촬상 소자로부터 출력되는 raw 데이터를 Lab값으로 선형 변환하기 위한 근사 매트릭스 M_{total_k} 는 식 (46)과 같이 된다.

$$M_{total_k} = J_{L^*a^*b^*_k} \cdot M_{709} \cdot M$$

식 (46)의 매트릭스와 식 (42)에 나타낸 노이즈 전파 이론의 식을 적용하면, k번째의 컬러 패치에서의 명도 노이즈 σL_k 는, 식 (47)로 계산할 수 있다.

$$\Sigma_{L^*a^*b^*_k} = M_{total_k} \cdot \Sigma_{RGBraw_k} \cdot M_{total_k}'$$

$$\begin{bmatrix} \sigma^2 L_k^* & \sigma L_k^* a_k^* & \sigma L_k^* b_k^* \\ \sigma a_k^* L_k^* & \sigma^2 a_k^* & \sigma a_k^* b_k^* \\ \sigma b_k^* L_k^* & \sigma b_k^* a_k^* & \sigma^2 b_k^* \end{bmatrix} = M_{total_k} \cdot \begin{bmatrix} NoiseRawR_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & NoiseRawG_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & NoiseRawB_k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & NoiseRawX_k \end{bmatrix} \cdot M_{total_k}'$$

따라서, 식 (47)에 의해 식 (48)을 도출할 수 있다.

$$\sigma L_k^* = \sqrt{\sigma^2 L_k^*}$$

또한, 식 (48)은, 리니어 매트릭스 계수 M의 함수이기 때문에 $\sigma L_k^*(M)$ 으로 나타낼 수 있다. 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 은, 컬러 패치의 각 명도 노이즈의 평균값이기 때문에 식 (49)와 같이 정의할 수 있다.

$$\sigma N(M) = (1/24) \cdot \int_{k=1}^{24} \sigma L_k^*(M)$$

다음으로, 전술된 바와 같이 정의한 색 재현성 지표 $\Delta E(M)$ 및 노이즈 저감성 지표 $\sigma N(M)$ 을 고려한 평가 지수 $EEV(M)$ 을 식 (50)과 같이 정의한다(단계 S53).

$$EEV(M) = \sqrt{(wc \cdot \Delta E(M))^2 + (wn \cdot \sigma N(M))^2}$$

단,

wc : 색 재현성에 대한 가중화 계수

wn : 노이즈 저감성에 대한 가중화 계수

다음으로, 식 (50)을 오차 최소 제곱법에 의해서 풀고, 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 예를 들면, $wc=1$ 로 하고 $wn=2$ 로 하면 평가 지수 $EEV(M)$ 은, 식 (51)로 된다.

$$EEV(M) = \sqrt{\Delta E(M)^2 + (2 \cdot \sigma N(M))^2}$$

식 (51)을 오차 최소 제곱법을 이용하여 풀고, 리니어 매트릭스 계수 M을 식 (52)와 같이 결정한다(단계 S54).

$$M = \begin{bmatrix} 1.57 & -0.43 & -0.01 & -0.12 \\ -0.14 & 1.25 & -0.37 & 0.26 \\ -0.01 & -0.27 & 1.68 & -0.40 \end{bmatrix}$$

한편, wc=1로 하고 wn=0으로 한, 즉 색 재현성만을 실현한 색차 최소 매트릭스는 식 (53)과 같이 된다.

$$M = \begin{bmatrix} 1.48 & 0.56 & 0.35 & -1.39 \\ -0.22 & 2.19 & -0.01 & -0.96 \\ -0.06 & 0.27 & 1.93 & -1.14 \end{bmatrix}$$

식 (52)와, 식 (53)을 비교하면, 분명히 식 (53)의 계수쪽이 계수 사이의 대소차가 크고, 노이즈를 증장하는 매트릭스인 것을 확인할 수 있다.

여기서, 촬상 장치의 ISO 감도의 설정에 기초하여 리니어 매트릭스 계수 M을 적응적으로 결정하는 구체예에 대하여 설명한다. 촬상 장치에서는, ISO 감도의 설정에 기초하여 CCD 촬상 소자로부터 입력되는 신호(이하, 입력 신호라고 함)를 증폭 또는 감쇠시킨다. 촬상 장치의 ISO 감도의 설정을 ISO100으로부터 ISO200으로 변경했을 때에는, 입력 신호는, 예를 들면 ISO100일 때의 2배로 증폭되어 촬상 장치에 입력된다. 그러나, 촬상 장치에서는, ISO 감도의 설정 상태에 상관없이 모든 입력 신호에 대하여 동일한 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행하기 때문에, ISO 감도의 설정이 높은 경우에는, 입력 신호의 증폭에 수반하여, 입력 신호에 포함되어 있는 노이즈 성분도 함께 증폭되게 된다. 따라서, ISO 감도의 설정을 높게 하여 고해상도의 화상을 얻으려고 하여도, 증폭된 노이즈 성분이 포함되어 있는 화상이 생성된다.

따라서, 본원 발명에 따른 촬상 장치에서는, ISO 감도의 설정에 기초하여 증폭 또는 감쇠되는 입력 신호에 포함되어 있는 노이즈 성분의 저감성을 고려하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 해당 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행한다. 예를 들면, 표 1에 나타난 바와 같이 노이즈 저감성에 대한 가중화 계수(wn)를 ISO 감도의 설정에 따라서 변화할 수 있도록 하고, wc 및 wn을 식 (50)에 대입하여 ISO 감도의 설정마다의 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 따라서, 촬상 장치는, ISO 감도의 설정 상태에 기초하여 결정된 리니어 매트릭스 계수 M을 이용하여 리니어 매트릭스 처리를 행할 수 있기 때문에, ISO 감도의 설정을 높게 하여도, 그에 수반하여 노이즈 성분이 증폭하지 않고, 고해상도의 화상을 얻는 것이 가능해진다.

표 1.

ISO 감도의 설정	w c	w n
100	1	1
200	1	2
400	1	4
800	1	6

여기서, 촬상 장치에 의해 피사체를 촬상하는 환경에 기초하여 리니어 매트릭스 계수 M을 적응적으로 결정하는 예에 대하여 설명한다. 예를 들면, 야경 등의 피사체를 촬상 장치에 의해 촬상한 경우에는, 생성된 화상의 대부분을 어두운 부분(암부)이 차지하는 경우가 있고, 그 암부에 노이즈가 발생하고 있으면 매우 눈에 띄게 된다. 이러한 경우에는, 색 재현성보다도 노이즈 성분의 저감성을 고려하는 쪽이 좋다.

따라서, 본 발명에 따른 촬상 장치에서는, 피사체를 촬상하는 신에 기초하여 노이즈 저감성과 색 재현성을 고려하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 해당 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행한다. 예를 들면, 도 23의 히스토그램에 도시한 바와 같이, 촬상 장치의 휘도 다이내믹 범위의 반 이하의 영역에, 생성한 화상의 휘도 성분의 70% 이상이 포함되어 있는 것과 같을 때에는, 노이즈 저감성을 중시하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 그 이외일 때에는 색 재현성 및 노이즈 저감성을 고려하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 구체적으로는, 표 2에 나타낸 바와 같이, 노이즈 저감성에 대한 가중화 계수(w_n)를 촬상 신에 따라서 변화할 수 있도록 하고, w_c 및 w_n을 식 (50)에 대입하여, 촬상 신마다 리니어 매트릭스 계수 M을 결정한다. 따라서, 촬상 장치는, 촬상 신에 기초하여 결정된 리니어 매트릭스 계수 M을 이용하여 리니어 매트릭스 처리를 행할 수 있기 때문에, 생성된 화상의 대부분을 암부가 차지하여도, 노이즈 성분을 눈에 띄지 않게 하는 것이 가능하다.

표 2.

촬상 신	w _c	w _n
야경	1	8
기타	1	2

여기서, 촬상 장치를 사용하는 유저의 요구에 기초하여 리니어 매트릭스 계수 M을 적응적으로 결정하는 구체예에 대하여 설명한다. 촬상 장치에서 피사체를 촬영하여 생성한 화상은, 유저의 사용 용도에 따라, 색 재현성보다도 노이즈가 적은 것이 요구되는 경우가 많이 있다. 사용 용도는 촬상 장치의 제작 회사는 모르고, 유저만이 알고 있는 사실이다.

따라서, 본원 발명에 따른 촬상 장치에서는, 유저가 의도하는 조건에 기초하여 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 해당 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행한다. 예를 들면, 표 3에 나타낸 바와 같이, 노이즈 저감성에 대한 가중화 계수(w_n)를 노이즈량 조절 변수에 따라서 변화할 수 있도록 하고, w_n 및 w_c를 식 (50)에 대입하여, 노이즈량 조절 변수마다 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 결정한 리니어 매트릭스 계수 M을 기억해두고, 유저가 노이즈량 조절 변수를 해당 촬상 장치의 인터페이스를 통하여 변화시켰을 때에, 소정의 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 해당 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행한다. 따라서, 촬상 장치는, 유저의 요구에 따라서 결정된 리니어 매트릭스 계수 M을 이용하여 리니어 매트릭스 처리를 행하는 것이 가능하기 때문에, 유저의 사용 상황에 따른 노이즈량 조절을 행하는 것이 가능하다.

표 3.

노이즈량 조절 변수	w _c	w _n
0	1	1
1	1	2
2	1	3
3	1	4
4	1	5
5	1	6

또, 표 3에서는, 노이즈량 조절 변수의 수치가 커지면 커질수록 노이즈량이 감소하는 것을 의미하고 있다. 또한, 촬상 전에 노이즈량 조절 변수의 설정을 행하지 않고, 촬상 장치의 촬상 개시 버튼을 눌렀을 때에, 몇개의 리니어 매트릭스 계수 M을 사용한 리니어 매트릭스 처리 후의 화상이 복수개 메모리에 보존되도록 하여도 된다.

이와 같이 구성된 촬상 장치는, 도 12에 도시한 플로우차트에 따라서 화상 센서(45)의 전단부에 형성되는 4색 컬러 필터(61)가 결정되므로, 「색 재현성」 중의 「색의 판별성」을 개선시킬 수 있고, 또한 신호 처리부(71)에서 휘도를 선형 변환에 의해 나타낼 수 있는 신호(R, G1, G2, B)에 대하여 매트릭스 처리를 행하기 때문에, 도 2에 도시한 신호 처리부(11)에서의 처리와 같이, 감마 처리를 실시한 후에 얻어지는 신호에 대하여 매트릭스 처리를 행하는 경우에 비하여, 색채 공학적으로, 보다 충실한 색을 재현할 수 있고, 또한 신호 처리부(71)의 리니어 매트릭스 처리부(95)에서 행하는 리니어 매트릭스 처리에서, 리니어 매트릭스 계수 M의 결정을 촬상 조건 등에 따라서 결정하기 때문에, 촬상 화상의 색 재현성 및 노이즈의 저감성을 향상시킬 수 있다.

또, 본 발명은 도면을 참조하여 설명한 기술한 실시예에 한정되는 것은 아니고, 첨부한 청구의 범위 및 그 주지를 일탈하지 않고, 여러가지 변경, 치환 또는 그 동등한 것을 행할 수 있는 것은 당업자에게 있어서 분명하다.

산업상 이용 가능성

본 발명에 따른 촬상 장치는, 사람의 눈에 보이는 느낌에 대하여 충실한 색의 재현을 나타내는 색 재현값과 사람이 느끼는 노이즈감을 나타내는 노이즈값을 조정하는 조정부와, 상기 조정부의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 매트릭스 계수 결정부와, 상기 매트릭스 계수에 기초하여 해당 촬상 장치에 구비되어 있는 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 매트릭스 변환 처리부를 구비하기 때문에, 촬상 환경 및 조건에 따라서 적응적으로 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하여, 해당 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 촬상 방법은, 분광 특성이 상이한 컬러 필터에 의해 이루어져 있고, 사람의 눈에 보이는 느낌에 대하여 충실한 색의 재현을 나타내는 색 재현값과 사람이 느끼는 노이즈감을 나타내는 노이즈값을 조정하는 제1 단계와, 상기 제1 단계의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 제2 단계와, 상기 매트릭스 계수에 기초하여 피사체를 촬상하는 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 제3 단계를 갖기 때문에, 촬상 환경 및 조건에 따라서 적응적으로 리니어 매트릭스 계수 M을 결정하고, 해당 리니어 매트릭스 계수 M을 사용하여 리니어 매트릭스 처리를 행할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

분광 특성이 상이한 컬러 필터에 의해 이루어져 있고, 피사체를 촬상하는 촬상 소자부를 갖는 촬상 장치에 있어서,

색 재현값과 노이즈감을 나타내는 노이즈값을 조정하는 조정 수단과,

상기 조정 수단의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 매트릭스 계수 결정 수단과,

상기 매트릭스 계수에 기초하여 상기 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 매트릭스 변환 처리 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 촬상 장치.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 조정 수단은, 상기 촬상 장치의 촬상 감도에 따라서 적응적으로 상기 색 재현값과 상기 노이즈값을 조정하는 것을 특징으로 하는 촬상 장치.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 조정 수단은, 상기 촬상 장치에 의해 촬상하는 환경에 따라서 적응적으로 상기 색 재현값과 노이즈값을 조정하는 것을 특징으로 하는 촬상 장치.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 조정 수단은, 임의로 상기 색 재현값과 상기 노이즈값을 조정하는 것을 특징으로 하는 촬상 장치.

청구항 5.

분광 특성이 상이한 컬러 필터에 의해 이루어져 있고, 피사체를 촬상하는 촬상 소자부를 갖는 촬상 장치에 의해 피사체를 촬상하는 촬상 방법에 있어서,

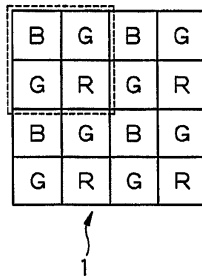
색 재현값과 노이즈값을 나타내는 노이즈값을 조정하는 제1 단계와,

상기 제1 단계의 조정에 기초하여 매트릭스 계수를 결정하는 제2 단계와,

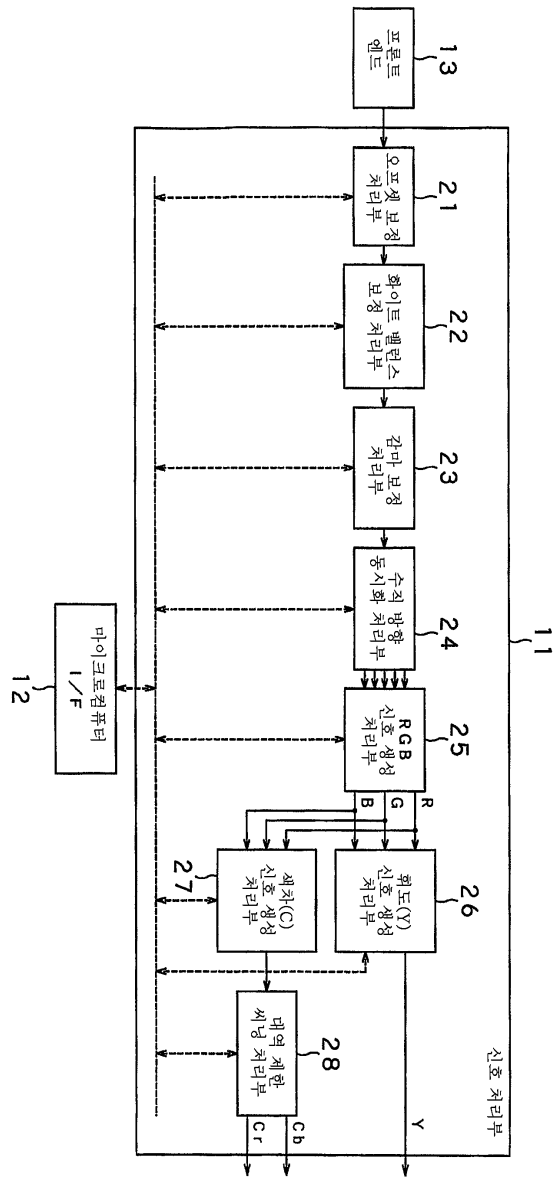
상기 매트릭스 계수에 기초하여 상기 촬상 소자부에서 촬상한 화상에 매트릭스 변환 처리를 행하는 제3 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 촬상 방법.

도면

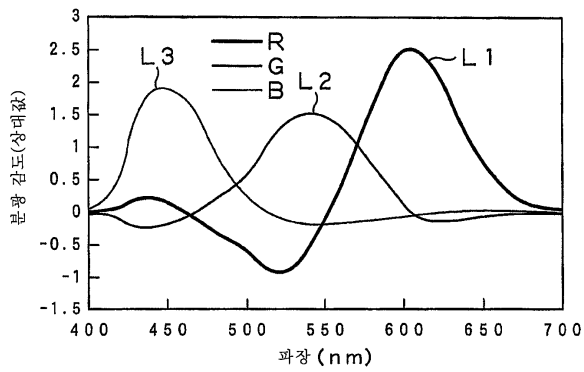
도면1



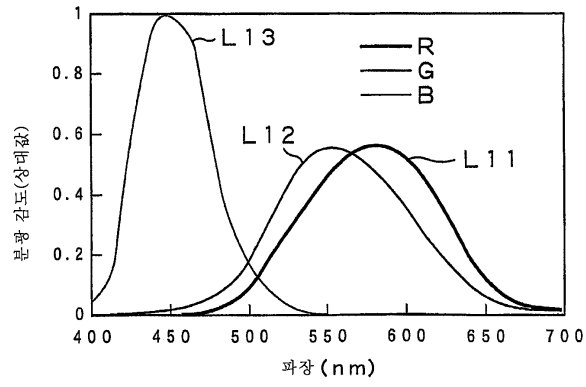
도면2



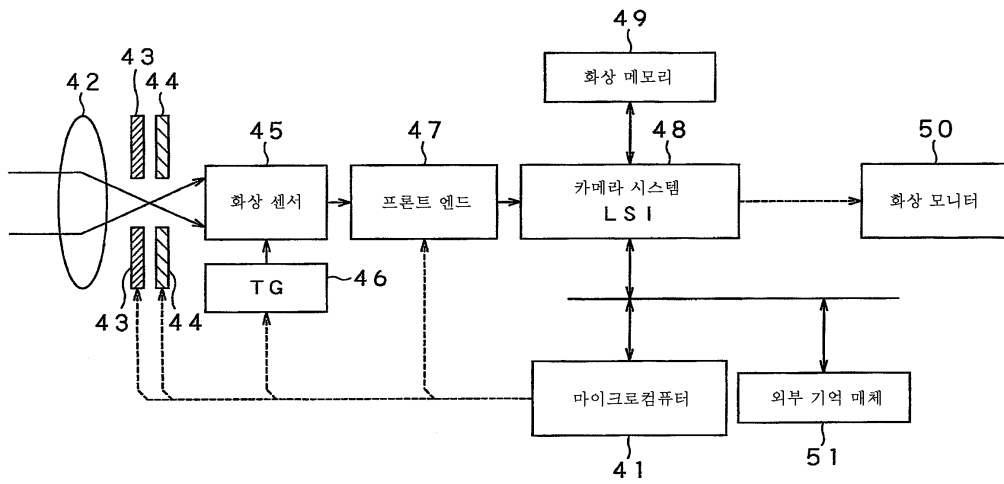
도면3



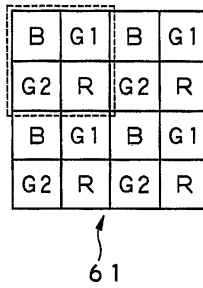
도면4



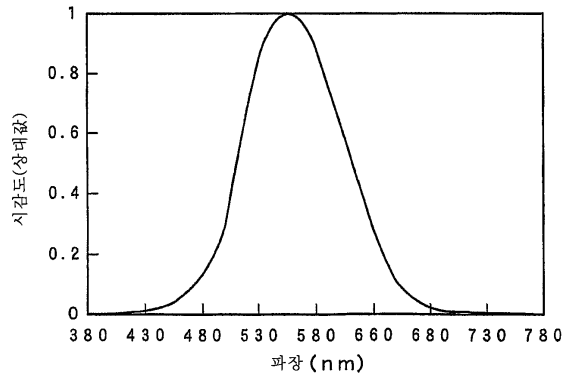
도면5



도면6



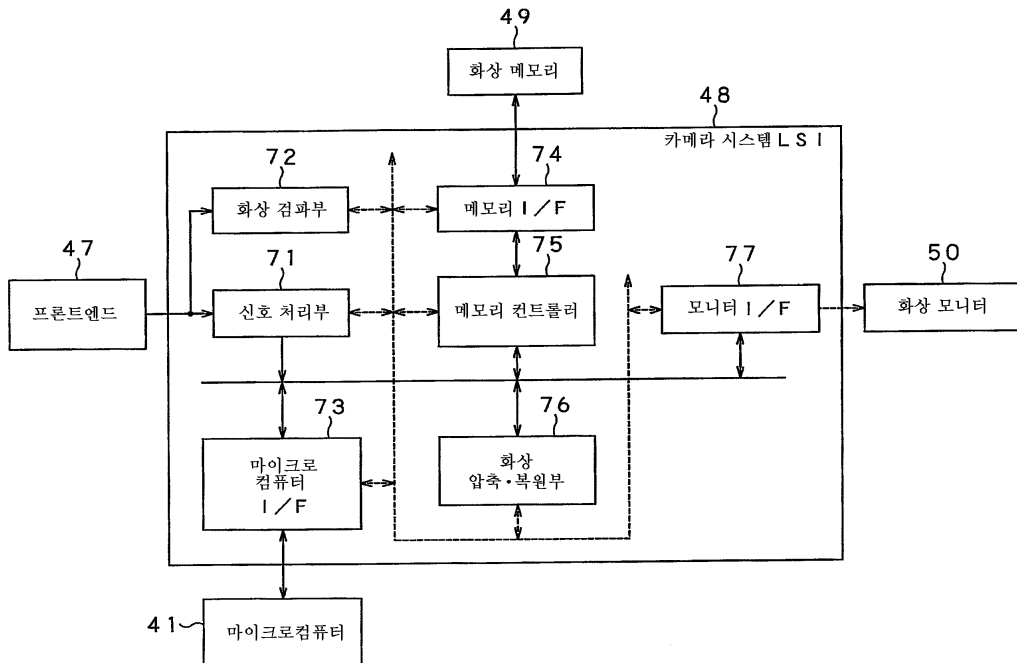
도면7



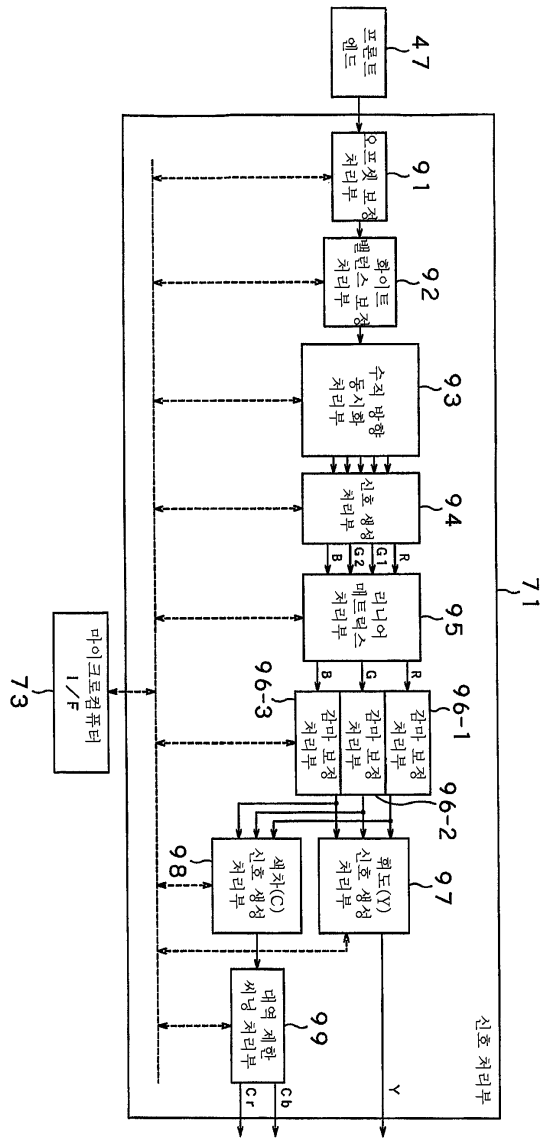
도면8

평가 계수명	한번에 평가할 수 있는 필터의 수	물체의 분광 반사율 고려	노이즈 저감 고려
q - factor	1	×	×
μ - factor	복수	×	×
FOM (Figure of Merit)	복수	○	×
UMG (Unified Measure of Goodness)	복수	○	○

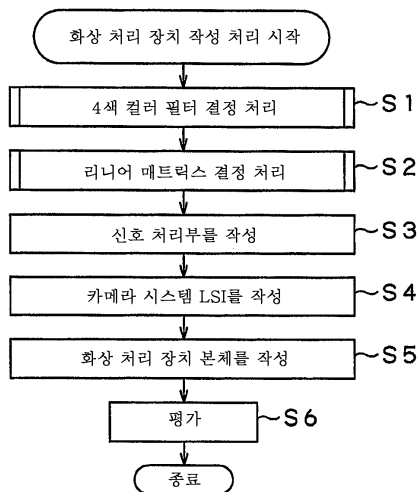
도면9



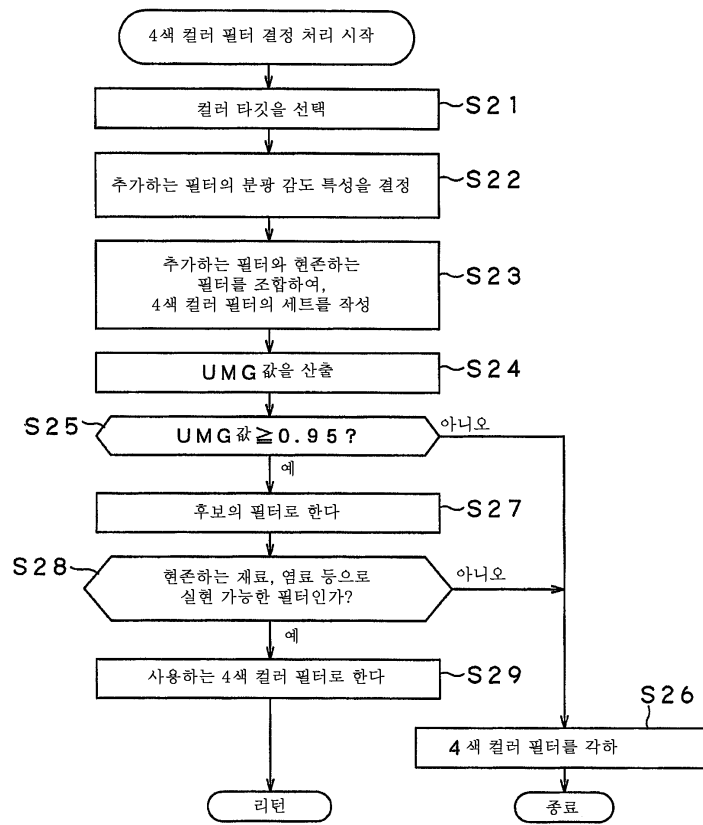
도면10



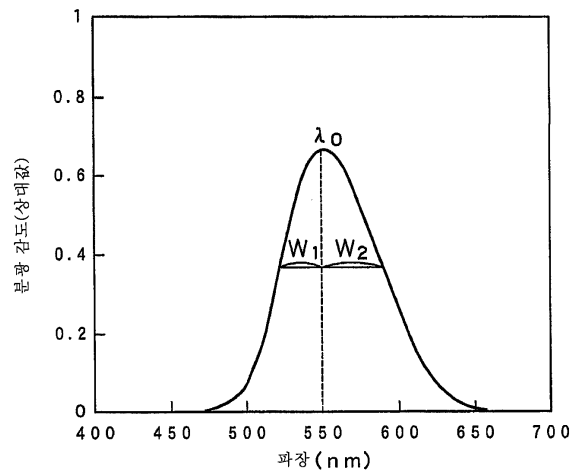
도면11



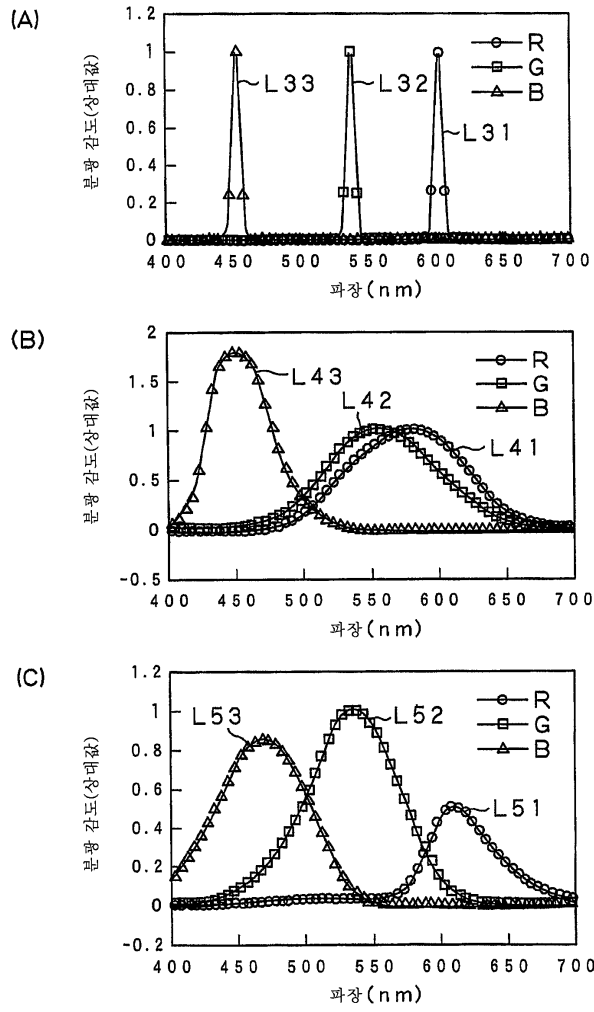
도면12



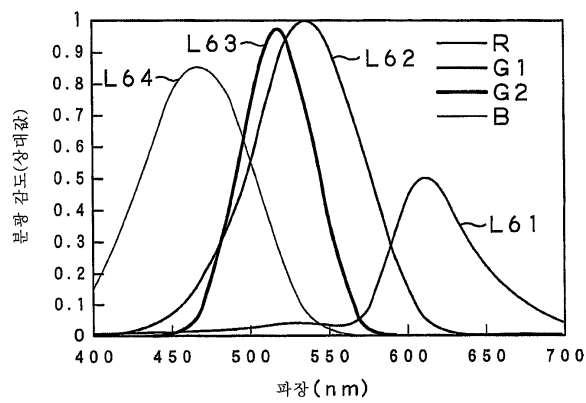
도면13



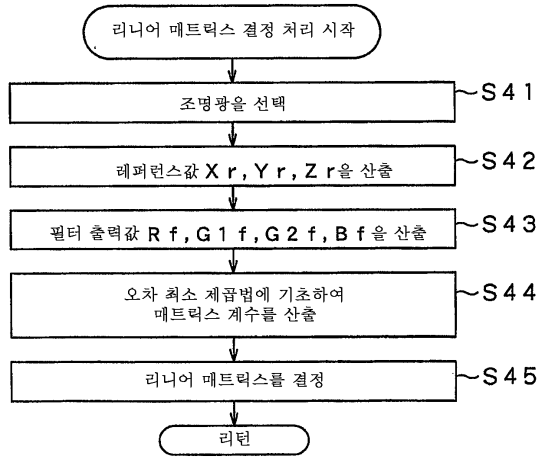
도면14



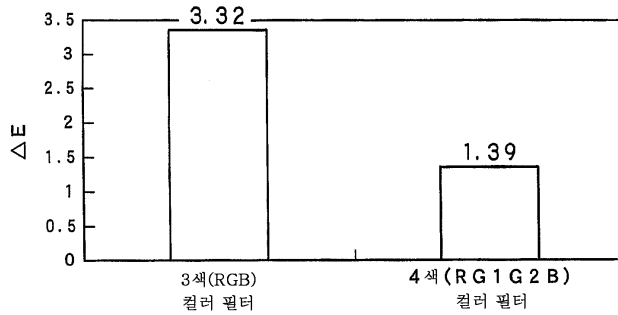
도면15



도면16



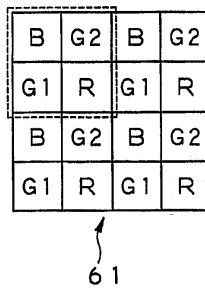
도면17



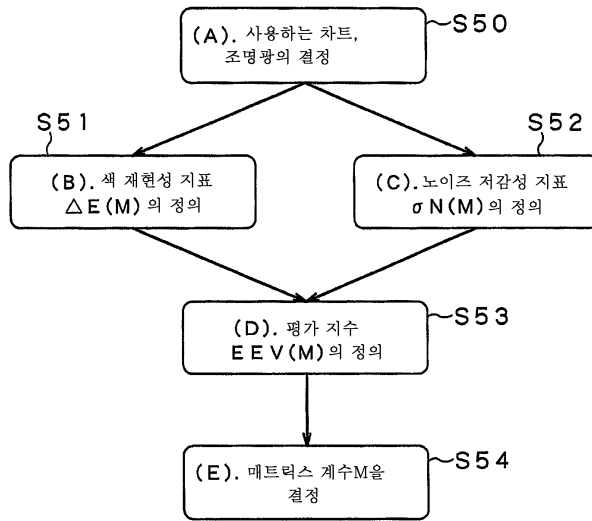
도면18

도 15의 분광 감도 특성을 갖는 4색 컬러 필터	R	G	B
R 1	49.4	64.1	149.5
R 2	66.0	63.7	155.6

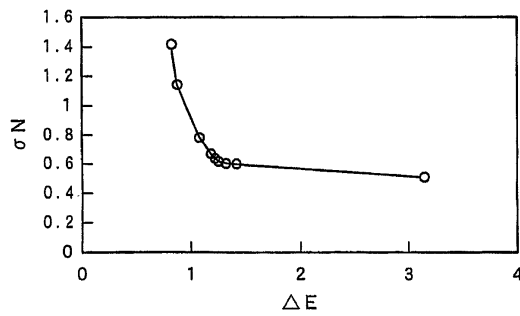
도면19



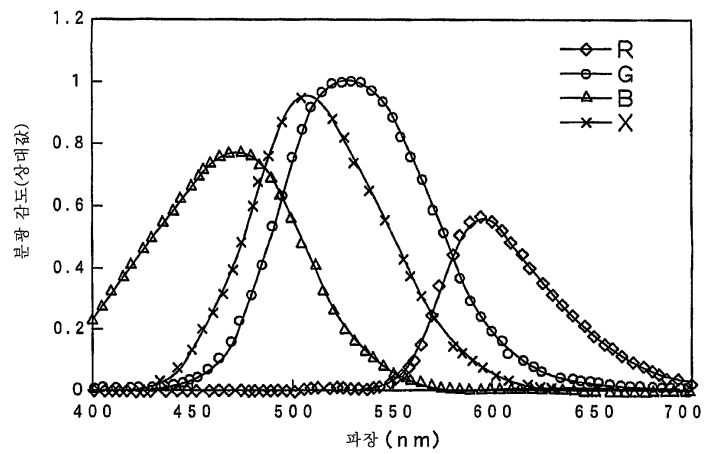
도면20



도면21



도면22



도면23

