

## 1. はじめに

遺跡報告書の制作などで、お世話になっている北海道埋蔵文化財センターの菊池慈人氏より、弊社「デジタルズ・システム」開発について『文化財写真研究』会誌への寄稿と研究集会発表の打診があったのは、2024（令和6）年5月のことである。

アイワードは創業以来、ブック印刷専門の印刷を主な事業にしており、東京国立博物館をはじめ、博物館・美術館が発行する図録や報告書の制作に長年携わってきた。

これらの専門的な印刷業務では、フィルムやプリントなどのアナログ写真原稿を取り扱うことが多い。写真のデジタル化が急速に進む中でも、依然としてアナログ写真原稿は膨大な数が社会的・歴史的資産として残されており、これらの褪色・変色などの問題は現在進行形で発生している。

年々、入稿してくるアナログ写真原稿の劣化はひどくなる一方であり、「このままでは、いずれアナログ写真原稿は消えてしまうのではないか。何とかしなければ…」とのおもいが強くなったのは2010年頃のことである。それは、製版現場の技術者から日々聞こえてくる悲痛にも似た声に現れていた。

この時から、アイワードは「劣化したアナログ写真原稿の復元」という社会的課題を、自社の使命として強く意識するようになった。

本稿では、ブック印刷の現場から見てきた事柄について、少し綴ってみたいと思う。

## 2. アナログからデジタルの中での課題

2000（平成12）年は、日本とドイツの印刷用スキャナーメーカーが相次いで製造を中止した年であった。また株式会社ニコンが一眼レフタイプのデジタルカメラNikon D1を発表した翌年でもあり、フィルム写真からデジタル写真へと世界中の潮目が変わり始めた年でもある。

今後はデジタルカメラのデータが印刷原稿に活用され

るであろうことを予測し、業界に先行してデジタルカメラRAWデータの現像手法の確立と印刷原稿への最適化を目指すべく技術開発を進めていった。

このころの印刷業界は、「RAWデータは印刷基準がはっきりしていないので、入稿は断らなければならない。トラブルの元になる」との意見が主流であったが、アイワードは2004（平成16）年に、「デジタルカメラRAWデータから高級カラー印刷へ」の新サービスを発表している。その後、デジタルカメラの特性を最大限に活かすべく2005（平成17）年には、高精細7色印刷スーパーファインカラーの技術を確立した。

これら技術開発、技術導入においては、表色系としてCIELABカラーマネージメントを採用し、「CMYKではなくRGBで色を処理するワークフロー」を実施した。この知見が後々の技術開発につながることとなった。

こうしてアイワードは、デジタルカメラへの対応と、印刷工程の最終段階に至るまでのワークフローの一元化を基本に据えた取り組みを早くから進め、当時の業界潮流とは真逆な、独自の路線を歩み始めることとなった。

2008（平成20）年、アイワードは商業オフセット印刷の国際規格「ISO12647-2」の2部門（プリプレス部門、プレス部門）同時認証取得を達成した。これは「印刷する色基準を自社で作成できる」とことと「自社で決めた色基準で印刷を実現できる」ことを認定する国際規格であり、日本初のことであった。

当時のアイワードは、ドイツ・ヘル社が開発した高精細ドラムスキャナと富士フィルム製の印刷業向け平面スキャナを使ってアナログ原稿からデジタル化を進めていたが、印刷用のCMYKデータ取得を基本設計にしていたため「できること」に限界があった。これらデータ入力部のスキャナはRGBワークフローの外にあり、ボトルネックとなっていたのである。

この状況下では、褪色したアナログ写真原稿への対応は、ほとんど打つ手が無い状況であり、色褪せた写真原稿に対する手段は、色の強調や彩度調整など、フォトシ

ョップを駆使する範囲であり、その仕上がりには甚だ不満な状況であったが、それしか使う手段が無い状況であった（図1）。

印刷業界の常識は「原稿通り（ポジ通り）」であり「カラー復元」という概念がない時代でもあった。

日に日に増加する褪色したフィルム、変色した写真を目の当たりにし、「広色域でアナログ原稿の入力ができる術はないのだろうか…」と危機意識を感じ始めたところ、都内で活躍しているプロ写真家から、可視光以外の波長を連続階調で取得できる三層のカラーセンサーを付けたデジタルカメラがあるとの情報が飛び込んだ。「従来のCCDやCMOSで採用されているベイヤー配列と異なる」と聞いても全くイメージがつかめない中、実際にそのカメラで取得したデータを見てみると、これまで見たことがない程に解像度が高く、極めて豊かな色情報を持っていることが瞬時に分かった。

こうして「フォビオン（Foveon）」という画期的な撮像素子と運命的な出会いを果たしたが、弊社スキャナ部のメンバーは、一眼レフデジタルカメラで写真を撮った経験がないため、果たしてこの革新的なカメラを前に、どのように自らの業務に活用していったらよいのか、皆目見当がつかなかった。

## 3. プロの写真家に学ぶ

新しいFoveon搭載カメラを活用するには、これまでアイワードが蓄積してきた「原稿をスキャニングする技術」ではなく「撮影する技術」が必要であった。「分からないのだから、教えてもらおう」ということで、東京からプロ写真家を招聘し、2014年（平成26）年8月9日（土）に、撮影学習会をスキャナ部員総出で実施した（図2）。

SIGMA社製デジタルカメラを用い、物撮りに必要となるライティングやピント合わせ、絞りやシャッタースピードなど、基本から扱い方を教わった。プリント写真を対象とした反射原稿の撮影を試した後に、透過原稿のフィルムを撮影した。そして（いよいよ本命となる）、



図1 2010年8月に発表したアイワードの技術資料は「30年以上前のカラーポジフィルムから鮮やかな色を再現」を紹介している

赤く褪色した写真復元にチャレンジしてみた。

皆が見守る中、Photoshopを「Lab空間」に設定し、パラメータを調整しながらデータを探ったところ、本来の色があったと思われる色空間へとスライダーを調整すると、そこに「元の色」が甦ってきた。クーラーが効かない簡易的遮光カーテンの中での試行作業は灼熱の現場ではあったが、皆が達成感を得た貴重な体験となった。

それから3か月後の2014年11月、まだ手掛け始めたばかりの「復元手法」ではあったが、ぶっつけ本番で、札幌で開催された展示会「ビジネスEXPO2014」に「デジタルズ・ワークフロー」という名前を付けて、パネルと映像を出展することとした。資料は、展示許諾を得た、古代オリエント博物館が所蔵する褪色写真と、北海道大学北方資料室が収蔵している明治期のモノクロ写真。こ



褪色写真の撮影。手前に、褪色前に分解して印刷した写真集



撮影の様子



透過撮影

図2 スキャナ部の撮影体験会 2014年8月9日

の日のために急いで（手探りで）カラーの褪色復元や陰影が薄くなったモノクロ写真の最適化を行ったものであった。

展示会は幸い多数の方に関心を持ってもらうことができ、中でも北海道大学産学連携本部のコーディネータから「きちんと共同研究したほうが良い」とアドバイスをもらうことが出来たことが、次のステップへとつながることとなった。

#### 4. どのように、共同研究をするのか？

アイワードは、共同研究を行った経験はなく、そのような制度があることすら初めて聞いた話であった。北海道大学の担当者からは、「共同研究できる研究者を学内で探しますから、しばらく待っていてください」と言われ、1か月程してから研究者の名前をいくつか挙げてもらい、その中のお一人と面談することとなった。

北海道大学大学院情報科学研究科の田中章教授の研究室内で、アイワードがやりたいことを話すと、技術的な質問をされ全く答えることができないありさまだった。とにかく「ぶつかって、理解するしかない」と考え、「質問の意味すら分からない」ことを話したところ、田中教授は、数式や概念図をホワイトボードに記してアイワードがやりたいことを科学の立場で分かりやすく説明してくれた。それは「褪色したカラー写真の劣化過程をモデル化したうえで、何10年もかかって劣化した時間を、計算式で戻すことにより、本来の色に戻す」というイメージ図であった。

こうして、2015（平成27）年2月に「劣化写真の復元に関する研究」という研究名で国立大学法人北海道大学と共同研究契約を締結することとなった。

この研究では60年前にイラク・イランの遺跡を東京大学発掘隊が撮影した写真資料を対象とした。研究に使用する写真は、収蔵元である古代オリエント博物館と東京大学総合研究博物館から借り受けた。復元成果の展示会を翌年の5月に開催するとの約束を取り付けての借用であった。もし復元できなければ、展示日程に穴をあけるという、背水の陣の状況でもあった

スキャナ部のスタッフは、手作りの光源ボックスで褪色したポジフィルムを撮影し、田中研究室と会社を往来しながら田中教授のアドバイスを受けながら復元試行を進めていった。しかし現実はその簡単ではなく、極めて鮮やかに復元できる写真もあれば、どうしても復元できない写真もあるなど、文字通り試行錯誤の連続であった。

#### 5. 成果発表展と次へのステップアップ

共同研究成果発表展は、東京サンシャインシティにある古代オリエント博物館主催、会期は2か月間という日程でスタートした。多くの来場者が足を運んでくれた。この取り組みは都内の新聞の他に、北海道新聞に大きく記事として取り上げられた。

展示会はおおむね好評であり、北海道からの見学者か

らも「札幌でやってもらいたい」と声が寄せられ、北海道大学の産学連携本部と協議した結果、北海道大学大学院情報科学研究科主催の「カラーで甦る古代遺跡の写真」展を、2015年11月に実現することができた。（この成果発表展には、北海道埋蔵文化財センターの菊池慈人氏にもお越しいただいた。）（図3）。

北海道大学との共同研究で得られた成果物は「独自の復元アルゴリズムによる復元プログラム基本版」としてまとめることができた。この復元アルゴリズムを構築するために、ポジフィルムが褪色していない時に製版した印刷物と、その後褪色してしまったポジフィルムの絵柄位置・大きさを合わせ同じドットの対象物を、複数組準備して、1画素単位のドットの劣化状況を数値化した。いわばこの写真が、本来の色と褪色した色を結びつける



図3 北海道大学大学院情報科学研究科主催の「カラーで甦る古代遺跡の写真」展 2015年11月



図4 学術論文「多項式近似に基づく褪色カラーフィルムのデジタル画像復元」『電子情報通信学会論文誌』 Vol. J99-D No. 3、2016年3月

ロゼッタストーンとなった。そのアルゴリズムで劣化過程を時間軸で遡り、褪色した色を本来の色に戻すことが可能となったのである。

ただ、このアルゴリズムは「きわめて限られたものしか褪色復元ができない」ものであり、実用化には程遠い状況であった。特に「暗褪色には一定程度の効果があるが、明褪色にはあまり効果がない」など、多くの課題があった。そこで、産学連携本部に改めて相談したところ、

「研究助成制度というのがある。そこで研究資金を獲得し、独自研究をしてはどうか」とのアドバイスがあった。申請書フォームを見るのも初めてであったが「申請書は自分で書くことで、意志が固まる」と励まされた。

申請書で大事なのは、「研究を行う背景」であるとの事。そこで改めて課題を整理し「世界各地にある貴重な写真資産が褪色の危機に晒されている。今すぐに復元専用機器を開発しなければ、社会資産が救済できない」との論旨で申請書を書きはじめることとした。そして「褪色カラー写真復元機器デジタル・スタジオの開発と復元事業の市場化」という課題名で申請したところ、審査官からは高い評価が得られ、北海道中小企業総合支援センターの産学連携等研究開発支援事業に採択された。

研究助成事業を申請するにあたり「研究アドバイザー」が必要と考え、北海道大学のコーディネータの紹介

で北海道立総合研究機構を訪ねることとした。幸い「色に関する研究者・宮崎俊之氏（北海道立総合研究機構・工学博士）」が見つかり、「研究指導」という立場で参画してもらうこととなった。その結果、研究者視点で課題を見るという訓練ができた。

共同研究が終わりに近づいた2016（平成28）年の1月に、北海道立総合研究機構は、企業の課題に対して公設研究機関が技術研究する国の助成制度「JST研究成果展開事業マッチングプランナープログラム」に応募してくれた結果、「褪色カラー写真復元システム改善のための要素技術開発」をスタートすることになった。

また、北海道大学とアイワードの共著論文「多項式近似に基づく褪色カラーフィルムのデジタル画像復元」田中章（北海道大学大学院情報科学研究科）、鍵谷貴宏・宮松武志・波江一馬・奥山敏康（株式会社アイワード）を電子情報通信学会へ投稿していた所、査読が完了し2016（平成28）年3月の『論文誌』に掲載された（図4）。このように「褪色復元技術の研究開発」は「社会性が高い研究」との評価と後押しがいくつも重なっていくこととなった。

## 6. 復元率の向上を目指して…

研究は、行えば行うほど奥が深くなっていく。「復元は出来るが、本当に科学的に実現出来ているのか？」「ホームランのような高品質な復元ができる時もあるが、三振（まったく復元できないこと）もある。復元率を飛躍的に上げていくことができたなら、一般向けサービスの提供や動画の連続復元の拡大につながるのでは！」などの問題意識の中、札幌市の補助事業が始まることを知り、飛躍的な技術のレベルアップを目指し助成金申請を行った。

こうして、ノーステック財団が公募していた「札幌型ものづくり開発推進事業」へ「サッポロ発『褪色カラー写真の色復元システム』の高度化とマーケット開発」を申請し、採択され研究がスタートした（このころになる



図5 作品保存棚などで暗褪色したポジフィルムの例

と申請書記載が手慣れたものになってきた)。

この研究では、都内有名出版社の写真室に眠っている膨大な写真資料を借用しての研究や、美術館が収蔵している作品とその作品を昭和40年代に撮影した写真の復元検証を次々と実施した。都内のプロ写真家が撮影した褪色写真も400枚以上集め、褪色の傾向・分類を開始した。

それらの調査の中から、温度湿度の経年変化によって全く色がなくなり赤くなった暗褪色の写真（図5）や、光に晒されて青い方向に褪色した明褪色の写真、明褪色と暗褪色が混じりあった写真、現像処理が不適切であったため変色した写真（図6）などが存在していることが明らかになった。「これだけ多様な褪色・変色の劣化過程があったのか…」「これが復元率のばらつきをもたらしていたのか」と理解を深めることができた。

そんな時に、NHK名古屋放送局から一本の電話が入った。聞けば「あるご家族が大切にしている1枚の写真がある。この写真の復元を行う番組を制作したいのだが、どこに相談しても断られてしまう。アイワードがやっていることを知りたい」。何度も連絡があり担当者が札幌までやってきた。「我々は研究の真っ最中であり外部への技術公開はできない」と断ったにも拘わらず、強く強く要望された。最後は押し切られる形となり「技術内容は一切取材しない」との確約をとった上で、番組に協力することとした（図7）。

ところが、実際の写真を見ると、暗褪色の後に、明褪



図6 化学変化により変色したと思われるポジフィルムの例

色をしている非常に状態の悪いプリント写真であり、それまで培ってきた技術では全く歯が立たない状況が続いた。この時はZoomなどオンライン会議の仕組みが世の中になかったため、研究用FTPサーバーを介して、アイワードの技術者と研究者、ソフト開発者とのやり取り



図7 NHKのスタジオ収録の様子  
放映日は2017年1月8日「超絶！スゴ技 夢叶えませすスペシャル」

が毎日深夜まで続いた。最終期限まで一週間を切った時、非常に大胆な発想が突破口となり、なんとか写真を復元することができた。そこで得た知見が、後の大きな研究成果につながっていくことになった。

### 7. 褪色復元アルゴリズムの概要

何度も改良を重ねた褪色復元アルゴリズムは、大半の褪色したアナログ写真原稿に適用可能となった。知的財産権の保護のため詳細は述べるできないが、ここでは概要を示す(図8)。

褪色復元アルゴリズムは、褪色状態の自動分析を行う「前処理部」と、復元を行う「自動復元部」からなる。PhotoshopなどのRGB系レタッチソフトウェアでは、近接した色同士に対しては同様の色処理が行われる。このため図9の写真のように、ほぼ同一の赤褐色化した画像についてはレタッチソフト Photoshopでは何もできない。

共同研究で開発した褪色復元アルゴリズムでは、CIELAB空間における色分布を把握し、これが本来どういう形状だったかを分析し、色空間を直接変形する。これによりレタッチソフトウェアでは不可能だった色再現を可能としている(図10)。

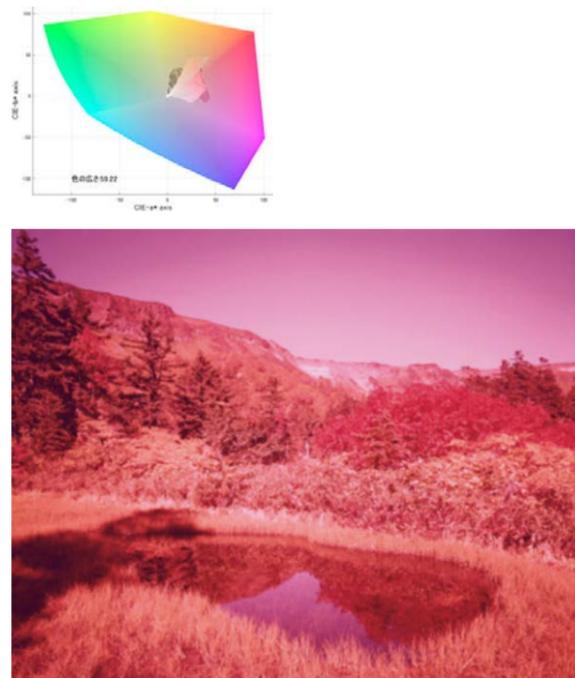


図9 褪色した写真と色空間分析結果



図10 褪色復元アルゴリズムを適用して復元した写真

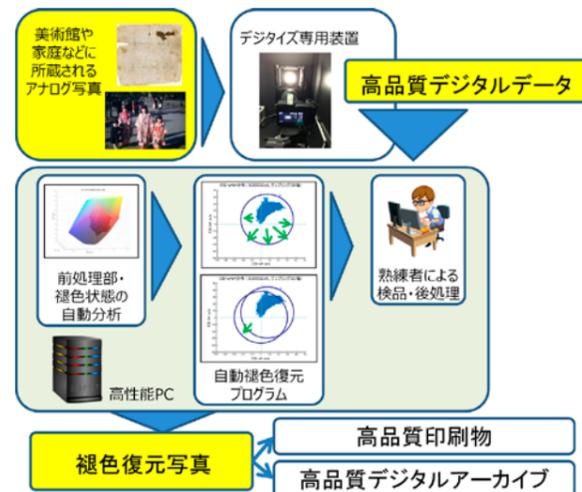


図8 褪色復元アルゴリズムの概念図

### 8. 見えているものを撮るのではなく、写したい写真を撮る

これまでの取り組みで1,000枚以上の劣化写真と対峙する中で、ある種の確信のようなものが湧き上がってきた。劣化写真へのアプローチとは、乳剤層に残っている

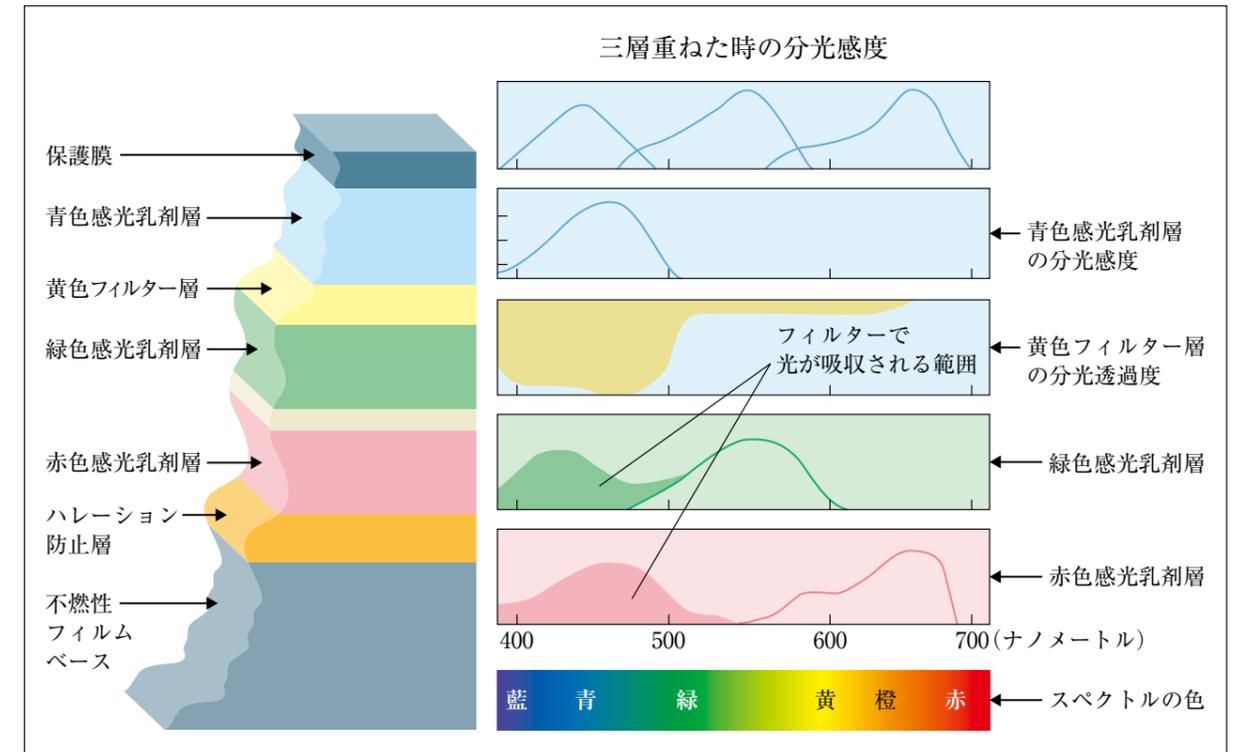


図11 カラーフィルムの感光膜の中にあるカラーを正確にデジタル化することが大事



ウシオ電機より入手した、LED棒光源の色温度と波長特性を2センチ刻みで測定  
工業試験場の機器を活用して測定するスキャナ部員。左端のプロープが測定位置  
測定状況。点の情報を、光源全体の情報に集約してグラフ化し、光源として特性を評価



第2世代機の光源部  
フィルムカートリッジの点検

図12 北海道立総合研究機構との共同研究の様子「光源部ランプ特性検査と専用機の組み立て」 2015年12月



広帯域センサーにIRフィルターをつけて赤外線だけで褪色写真を撮影した。赤くなった色素が、可視域を超えて存在しているなら、その色素情報を取り込んで可視域へ計算で戻せるのではないか、という仮説で実施したが、色情報はあまり検出されなかった

図13-1 北海道立総合研究機構との共同研究の様子「赤外域での撮像テスト」2016年9月



前年度に作成した光源部を再検査した。コニカミノルタ製のイメージング色彩輝度計を使い、光源部内に配置しているオパール拡散板を任意の位置に配置して、発光面全体の強度分布を測定する。35mmボジから8×10インチのボジまでムラなく撮影できる光源を設計するための検査であった



図13-2 北海道立総合研究機構との共同研究の様子「光源部の検査」2016年10月18日

カプラーやハロゲン化銀を正確にデジタル化する段階が勝負である(図11)。すなわち、フィルムやプリントの表層に表れている色(上っ面の見えているもの)のみに目を向けては駄目だということである。

長きにわたって培われてきたフィルムカメラの撮影技術は、フィルムの感度やレンズの明るさなどの要因から、目も眩むような光源を用いた撮影が主流だった。例えば日中の太陽光下での撮影では膨大な光量を被写体に照射し、ISO100程度のフィルムで露光することが標準となり、これを行えない室内では大光量のフラッシュライトが使用されてきた。これらはフィルム時代のカメラの、ごく標準的な撮影方法である。

時代がデジタルカメラへ移行しているにも関わらず、アナログ時代と同じ撮影機材と撮影方法が横行している面が強くみられる。これら従来型の撮影では、フィルムなどの透過原稿のデジタル化においては、乳剤層へのアプローチは困難を極めるとの印象を強く感じている。乳剤層だけでなく原画や原本のデジタル化においても、強い光源では限界点がある。開発にあたり留意した点である(図12・図13)。

もう一つ、重要な点は世界のデジタルカメラに装着されているセンサーが単板のバイズレイヤー型センサーであるという問題である。バイズレイヤー型モノクロセンサーは、撮像素子上に配置されている単一の色情報から、色を補間するソフトウェアで前後左右の情報を補うデモザイキング処理を行うため、本来の色ではない「偽色」が原理的に発生する。

次に2019年9月に全国放送された「ニッポンの超絶技巧! 直美&千鳥のこまったときのお直しさん」の番組で実施した写真復元の経過写真を紹介する。

この番組は、著名人が大切にしているものを修復する番組で、1962年にインドネシアのスカルノ大統領と一緒に撮影したデヴィ夫人の写真プリントが対象である。撮影から57年経過しており、ほぼモノクロ写真のようであったため、分光測色計で写真に色情報が残されているか

をチェックした(図14)。その結果微量ながら色情報があることが分かった(図15)。適切な前処理を経て自動復元することで、更生させることに成功した。図16はその復元前、復元後の写真と色空間分布である。

### 9. アイワード・デジタル・システムの主なスペック

2019年に完成した「デジタル・システム」は、「色温度の低い柔らかな均一大面発光」と「三層Foveon型カラーセンサー」に「復元モデルの上で動作する計算ソフト」の組み合わせで構成される。詳しくはアイワード「技術資料集」をご参照頂きたい。以下に抜粋を示す。

(<https://iword.co.jp/company/images/pdf/ids.pdf>)

専門書の写真原稿製版や4K・8K放映用データ作成に適した機器である(図17・図18)。

- ◎医学、芸術、考古、歴史、地理、建築などの出版物に使用するアナログ原稿の最適化
- ◎美術展、考古展などで使用するアナログ原稿の高品質デジタル化
- ◎古いアナログ写真を4Kや8Kディスプレイ、デジタルサイネージで表示するデータ作成
- ◎アナログ写真作品の褪色復元・ミュージアム収蔵品、記録などの復元アーカイブ
- ◎社史、記念刊行物、生誕・没後など記念刊行物用のアナログ写真の復元・最適化

#### ・大型面発光のエル・エコライト

光源は、株式会社栗原工業の特許技術である「混色・拡散レンズ」により均一な大型面発光を創り出す定常光の照明である(図19)。



図14 分光測色計で測色している様子。手前の人物は番組のディレクター

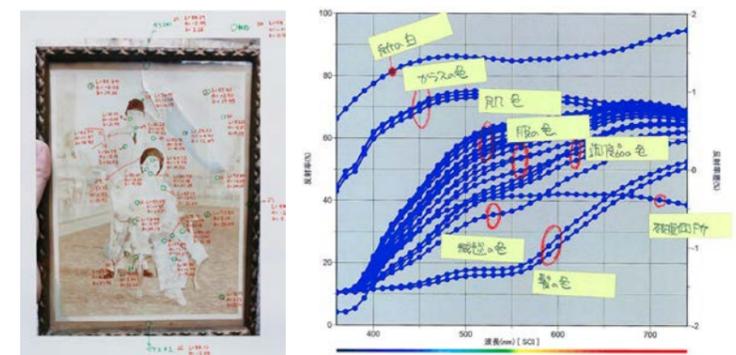


図15 分光測色計により写真に色が残っていることを確認する。番組用に数値を記録したものの

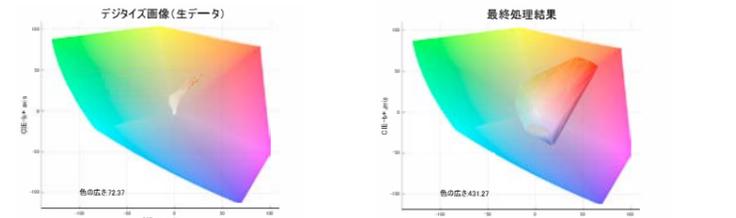


図16 左が復元前、右が復元後。全く見えなくなっていたスカルノ大統領の胸のバッジ、右上のシャンデリア、奥にあるテーブルや椅子も復元によって現れていた  
掲載許諾：デヴィ・スカルノ様  
<https://www.fujitv.co.jp/muscat/20196141.html>

図17 アイワード・デジタルサイズ・システムで行える、デジタル化、ポジ現像、褪色復元内容 ※デジタルデータの最大値は1億4680万画素(当社理論値)

原稿の種類	取扱サイズ(ミリ)	デジタル化	ポジ現像	褪色復元
ポジフィルム(透過)	8ミリフィルム(4×5程度)～8×10インチ(204×254)	○	○	
ネガフィルム(透過)	ハーフサイズ(24×17)～8×10インチ(204×254)	○	○	○
レントゲンフィルム、カラーコルトンなど(透過)	レントゲンフィルム(30×40)～B2相当電飾看板(690×740)	○		○
プリント写真、原画など(反射)	ベタ焼写真(24×36)～A0サイズの原画(841×1189)	○		○



図18 北海道立総合研究機構との共同研究の成果(第4世代機)



図19 透過用面発光体「エル・エコライト」の受け入れ検査



図20 XYステージにより反射原稿、透過原稿の精密画像取得を可能にしている

・XY軸で稼働するイーゼルマスク

顕微鏡撮影にも用いられている株式会社エス・エフ・シーの透過型強化ガラスのXYステージに、印画紙固定機器のイーゼルマスクを装着してフィルムや印画紙を固

定し、透過方式と反射方式を兼ね備えた独自の原稿台を装備している(図20)。

・三層構造のFoveon X3センサー

本機器は、光の波長特性を利用したFoveon X3センサーを装備するSIGMA社のsd Quattro Hを採用している。本センサーは、被写体側に近い層で短い波長域の色情報と輝度を記録し、二層目で中波長域、三層目で最も長い波長域の情報を記録する。つまり第一層はブルー、第二層はグリーン、第三層はレッドを記録する垂直分離方式を行っておりアナログ原稿に内包するグラデーションやトーンを高ダイナミックレンジで取得する(図21)。

・マルチカメラによる高エア・高精細画像

一度に露光の異なる複数の画像を取得し、これらの画像をHDR統合する。この結果撮像素子の長所を最大限

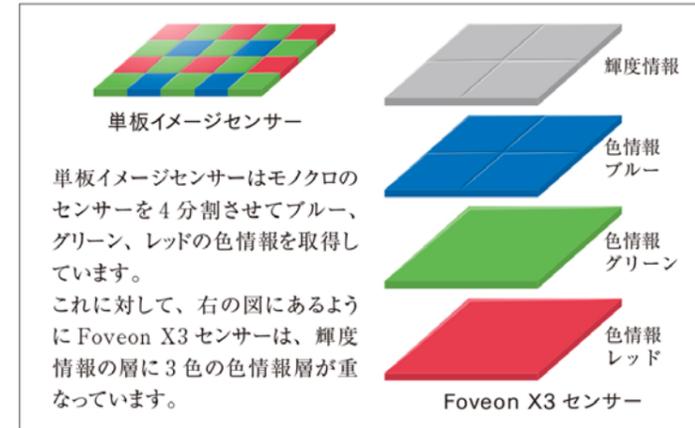


図21 一般的な単板イメージセンサー(左)とFoveon X3センサー(右)の比較概念図



図22 マクロレンズSIGMA 70mm F2.8 DG MACRO | Artを駆使して、1億画素以上の撮像を実現する



図23 最大1万ポイントの共通箇所を見つけ出すオリジナル技術を実装



図24 コントロールパネルで照明位置のシミュレーションを行う

に生かした超高階調の画像取得を可能にしている。本機には合計5台のカメラを搭載し複数台のカメラから得られる画像を北海道立総合研究機構と共同開発したアルゴリズムにより高品質な合成を行い、最大1億4680万画素の超高精細なデジタルサイズを実現する(図22)。

・オリジナル褪色復元ソフトウェア

北海道大学との「劣化写真の復元に関する研究」成果と北海道立総合研究機構との共同研究の成果として、オリジナル復元ソフトウェアを数値解析ソフトウェアMATLABで動作させて演算により復元を実現している。

・マルチカラーデータ結合の自動化

マルチカメラによる分割撮影システムと画像結合技術によって1万ポイントの自動照合で画像統合を瞬時に行う(図23)。

・均一照明を実現するシミュレーションソフト

撮影面へ照射する光の量をデジタル測定し照明ムラを平準化させる校正ソフトを適用している。対象となる原稿のタイプを選択すると原稿に最適な照明配置をソフトウェアが、ガイドする(図24)。

(おくやま としやす)