

超高精细大容量画像用 安全・动态显示综合系统的开发



增上寺藏“五百罗汉图”第五十一幅“神通”

京都大学大学院工学研究科

1. 研究背景和目的

2004 年，我们把超清晰度大型平面输入扫描器应用在图画材料推定系统。这可以以数码数据来正确且半永久地保存文化财现状。然而，因超高精细画像而数据容量高涨，有需要开发能以安全且高速地显示大量数据的系统。因此，2006 年，我们开始研究开发“超高精细大容量画像用安全·动态显示综合系统”。

本研究的目标设定于构筑能以超高响应且安全地显示·阅览 10GB 级大量数码画像数据的系统。此系统是不但为了文化财数码记录保存，还为了以文化财为文化资源的运用。因此我们把重点放在应用超高精细画像的特质及科学分析技术来制造文化财科学数据影像。另外，还顾虑数码档案权利问题，此系统还可以保全数码数据，防止非法利用及流出。本研究开发的概要如图 1。

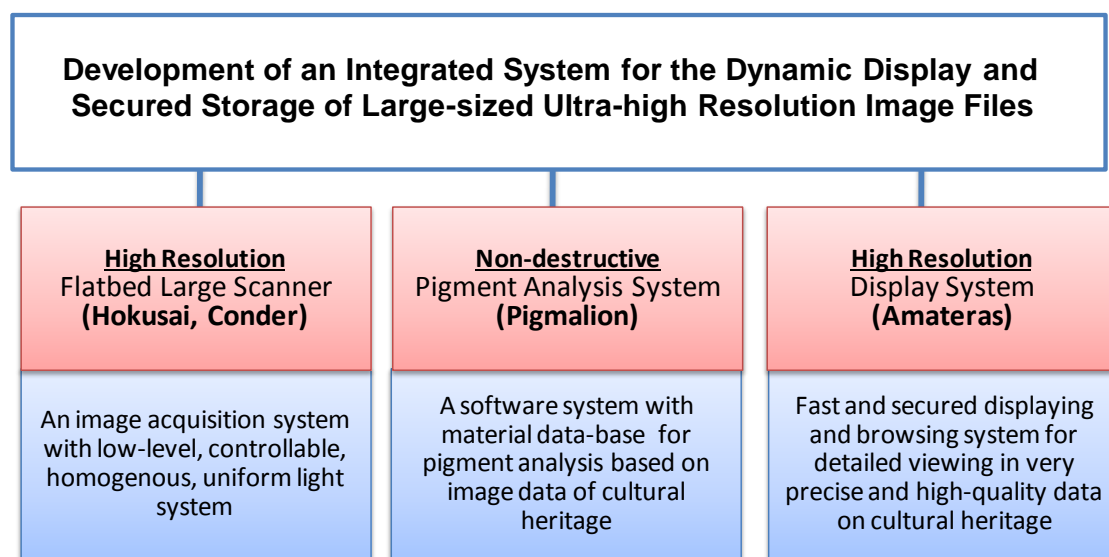


图 1 研究开发概要

2. 本研究的重点

设计大型扫描器的基本概念：关于模块化

大型扫描器模块化的基本方针是，以提高操纵性及画质来提高文化财数码档案数据的获取自由度，提高画像数据分析精度，以及扩大数据运用范围。我们进行了硬件（扫描器框架，镜片·CCD 组，光源等），固件（驱动系统，画像输入控制系统），以及软件（数据处理系统）的模块化，增强了综合控制性。详细如下。

- ① 把驱动轴统一成一支。直接用马达在约 2m 长轨道上驱动扫描头（镜片·CCD 组，光源）部分。解决了因可动部分振动产生的画像失真。用此方式，可以以改变轨道长度来自由决定副扫描方向的长度。
- ② 固件与数据处理系统软件互相独立无关。可以个别控制摄像有关的各种参数，按摄影对象最优化光源和摄影速度。
- ③ 可按数码化（摄影）条件来个别设定摄影对象和相机组（镜片·CCD 组）之间的距离。
- ④ 扩大了镜片（及滤波器）的选择范围。可以个别构成光学系统硬件以及依其调和的软件。可按照目的构筑相机组。
- ⑤ 可装载多数相机头以及用多种相机系统来同时摄影。

- ⑥ 光源可控制强度及照明角度，因此可提高各种文化财（如含金银箔，光泽的表面）的画质，以及色彩再现性。
- ⑦ 软件采用了模块化思考，可获取 RAW 数据，亦可按各种目的管理色彩，获取画像。结果实现了输入数据处理系统，浓淡及色彩数据系统，标准色彩管理，按照各种目的的（分析，各种显示系统，印刷）色彩管理。

以上，由于以模块化为方针注重在控制性开发了大型装置，实现了可应壁画等大型文化财的弹性设计。在本研究中开发的大型平面扫描器（有效面积 2.0m x 3.5m），现在实际应用博物馆等现场。

新式光源的设计开发

一般以文化财为摄影对象时，为了防止文化财劣化的促进，需要把文化财因摄影而受的影响缩减到最小限度。在此所谓摄影，是指以文化财的数码化，以及获取图画材料分析的数据为目的的。在研究中，我们注重于文化财摄影时最重要的光源。因此，从理论·实验两面来进行了最优化。对象光源如下：

- ① 荧光灯（使用紫外线截断滤波器） 荧光灯光源，光线的空间分布均匀性低，频率偏差大，需要长时间让它稳定，在寒冷环境使用时问题多。然而因价格便宜，优于性价比。
- ② LED 光源（使用紫外线截断滤波器）以及赤外线 LED 光源 空间分布较佳。由于频率特性偏，指向性高，可以用扩散器来提高细微领域的分布均匀性。启动稳定性较佳。
- ③ 传输光源（使用紫外线截断滤波器，金属卤化物灯·卤素灯的混合） 于本研究设计开发的光源之中，稳定性，空间分布，频率分布最佳的光源。而且，光量控制性佳，可细小调整光线强度及频率特性。可控制按 CCD 特性最优的摄影条件以及摄像速度。虽然价格较高，但可以获取色差极小的高质画像。

以上说明了我们实际设计制造的光源。在本研究中独自开发的光源，比以前的装置光源，照射文化财的总光量降至约 50 分之 1 倍。从缩减了摄影给文化财的影响至最低限度这一点来看，此举可说是极为重要的成果。

16 位 RAW 数据提供系统的必要性

考虑到下一代高画质摄像装置的多方面数据应用的时候，需要把 10 或 12 位画像以 16 位元形式保存。虽然数据档案容量会增加，可是今后会成为更容易利用大量数据·储藏媒体的环境。另外，以系统软件模块化，独自设计了数据获取系统及色彩管理系统，开发了可供用户 RAW 数据的系统。RAW 数据可以转换成用户所要求的各种数据形式。

色彩管理系统：可应各种显示，分析，印刷系统

RAW 数据画像是没有被随意地管理色彩，给用户高度运用自由度。然而对非专家来说，很难运用画像数据。对于色彩管理，按照目的有各种要求。

- 印刷 需要在印刷机上自定义色彩
- 分析 色彩材料推定需 CCD 输出之数据，扫描器的色彩调整需缩减至最低限度
- 显示器 色彩管理需尽量考虑到摄影系统以及显示器之色彩空间
- 幻灯机 显示依据使用光源

特别是于国宝级文化财数码化，摄像时的色彩管理需要彻底进行。于是京都大学开发了独自的色彩管理流程。本色彩管理系统，可按画像运用目的来选择最优且单纯的演算方式，实现了极为逼真的色彩。色彩管理流程显示在图 2。

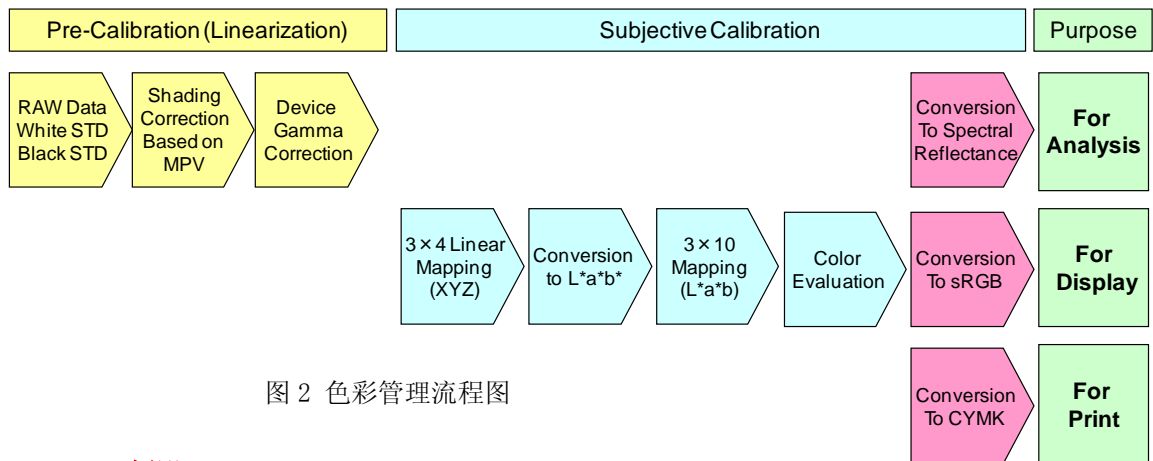


图 2 色彩管理流程图

Multispectral 摄影

为了获取 Multispectral 画像，需要把自对象来的反射光用多数的宽带滤波器来分光，然后再用单色 CCD 相机摄影。以高精度地复原 380-850nm 分光反射率为目的，选择摄影最恰当的块数和组成，设计开发了 8 频道 Multispectral 画像获取装置。滤波器的组成是在对象波长领域里互空一定间隔排列着。我们还利用一种画像，以解传递函数的反函数的方式，重建了分光反射率。此传递函数是为光源状态，相机灵敏度，以及测定出来的对象颜料分光反射率的函数。它说明着像素应答特性。反传递矩阵是从日本颜料参考试样估计的。图 3 是在本研究制造的颜料试样。此试样是总共 173 种（含天然，人工，金属，有机及无机）颜料来组成的。重建的分光反射率是利用在对照分光数据来识别文化财的颜料。



图 3 参考试样

偏振光摄影

镜面反射是描画图画时的一个问题。特别是对象为包含金银箔等高反射表面时非常明显。这不仅在日本画，在使用清漆的西洋画也成问题。如有镜面反射，就很难再现逼真的文化财色彩。因此需要把漫反射从镜面反射分离。为了解决此问题，本研究采用了偏振光。重叠 2 块偏振光镜专用圆偏振光来摄影图画。图 4 是使用偏振光扫描的一些结果。以采用偏振光，非常简单地分离了漫反射和镜面反射。

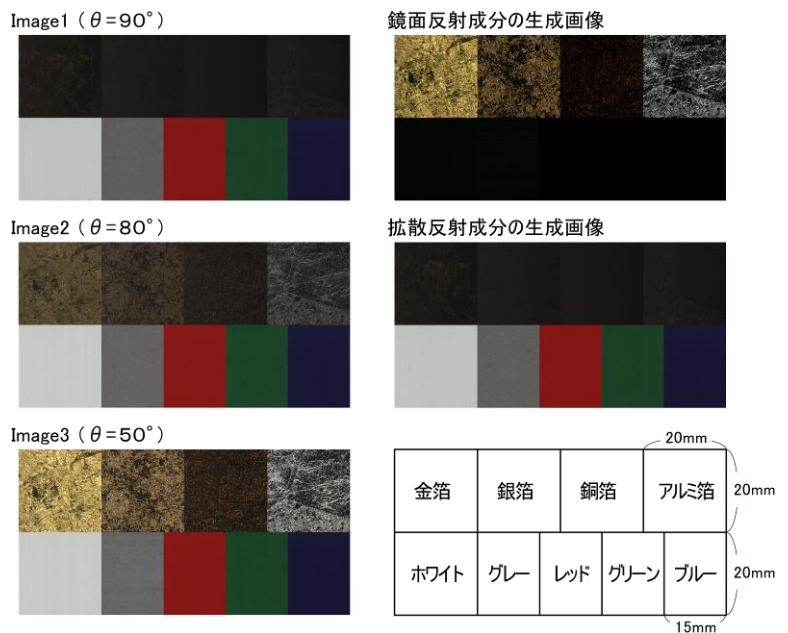


图 4 使用偏振光滤波器获取的金属箔和参考试样图像

3. 已开发设计的装置

高精度超清晰大型平面输入扫描器及其特征

本研究中开发了几种描画系统。这包括 2D 扫描系统，3D 非接触式描画，画像数据处理，数据库保安全管理，以及超大画像显示。以下说明这些系统。

2D 文化财扫描描画系统

图 5 是“Hokusai II”的画像。此最新一代超清晰平面扫描器是于京都大学“Advance Imaging Technology Laboratory”开发的。此研究室所开发的扫描器都以模块模式设计的。这提高了控制性，处理数据效率。

此扫描器的主要特征包含着多样画像获取器件。此器件可获取三色以及 Multispectral 画像。它拥有卤素灯和金属卤化物灯的混合光源。此光源是按对象画像来调整空间及频度分布的。框架非常坚固，可以缩减扫描时的震动影响。另外，此系统还设备其独自的色彩管理系统，可以应付各种画像档案使用的目的。

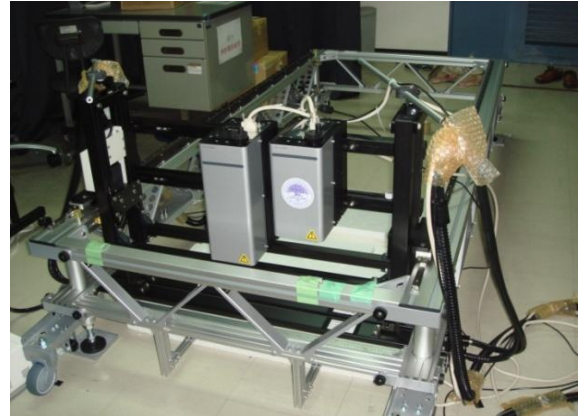


图 5 大型扫描器“Hokusai II”

3D 形状数据处理用非接触式小型描画系统

开发此综合系统之目的是在于描画不但 2D 对象，而且 3D 对象。此系统是以 Color Photometric Stereo (CPS) method 再现 3D 形状。图 6 是系统的图像以及概略图。使用描述设备，以光线的角度射影获取画像。然后用获取的画像来重建 3D 形状。

除上述系统之外，还用平面扫描器重建 3D 形状，然后研究。此过程是以改变光线角度进行的。发现了最少 3 张从不同角度照明扫描的画像就足以重建 3D。然而这技术还在开发阶段，仍需研究。

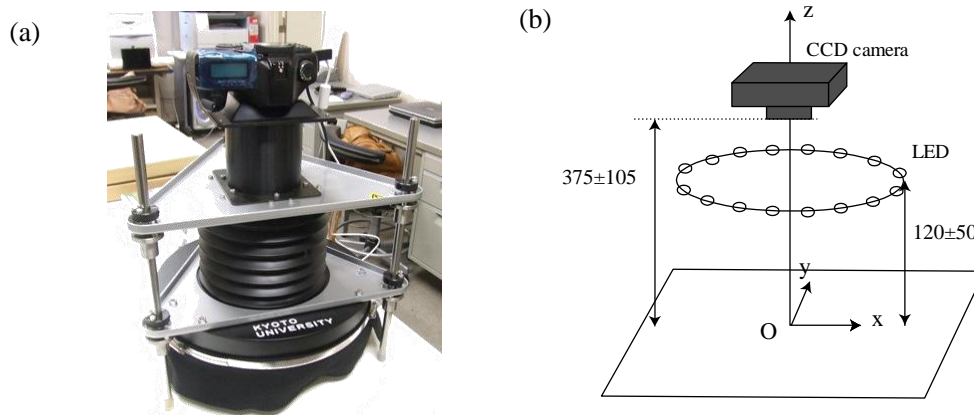


图 6 3D 图像输入系 (a) 及其光源配置 (b)

数据库保安全管理以及超大 画像档案显示系统 (Amateras)

以阅览档案的观点来说，获取画像有一些短处。因为 1 个文化财的档案容量就从几百 MB 高达几十 GB，在商业上处理利用画像，或者操纵显示软件变非常困难。为了解决此问题，开发了数据库保安全管理以及超大画像档案显示系统 (Amateras)。利用 Amateras 可以无缝地阅览大容量档案。并且

用户容易操纵。因为数据是超高清晰度，画像清晰连肉眼几乎看不见的毫米以下大小也看得见。图7说明 Amateras 的性能。

2009年3月于九州国立博物馆，以1200dpi，16位数码化了包括自北海道至九州的四幅古代日本地图。其容量是200GB，31giga pixel。另外还用紫外线以20微米清晰度进行了数码化。此工程是和京都大学合作的。获取的数据提供给NHK，将来制造成一个数码影像，显示在Theater 4000作为博物馆教育目的。

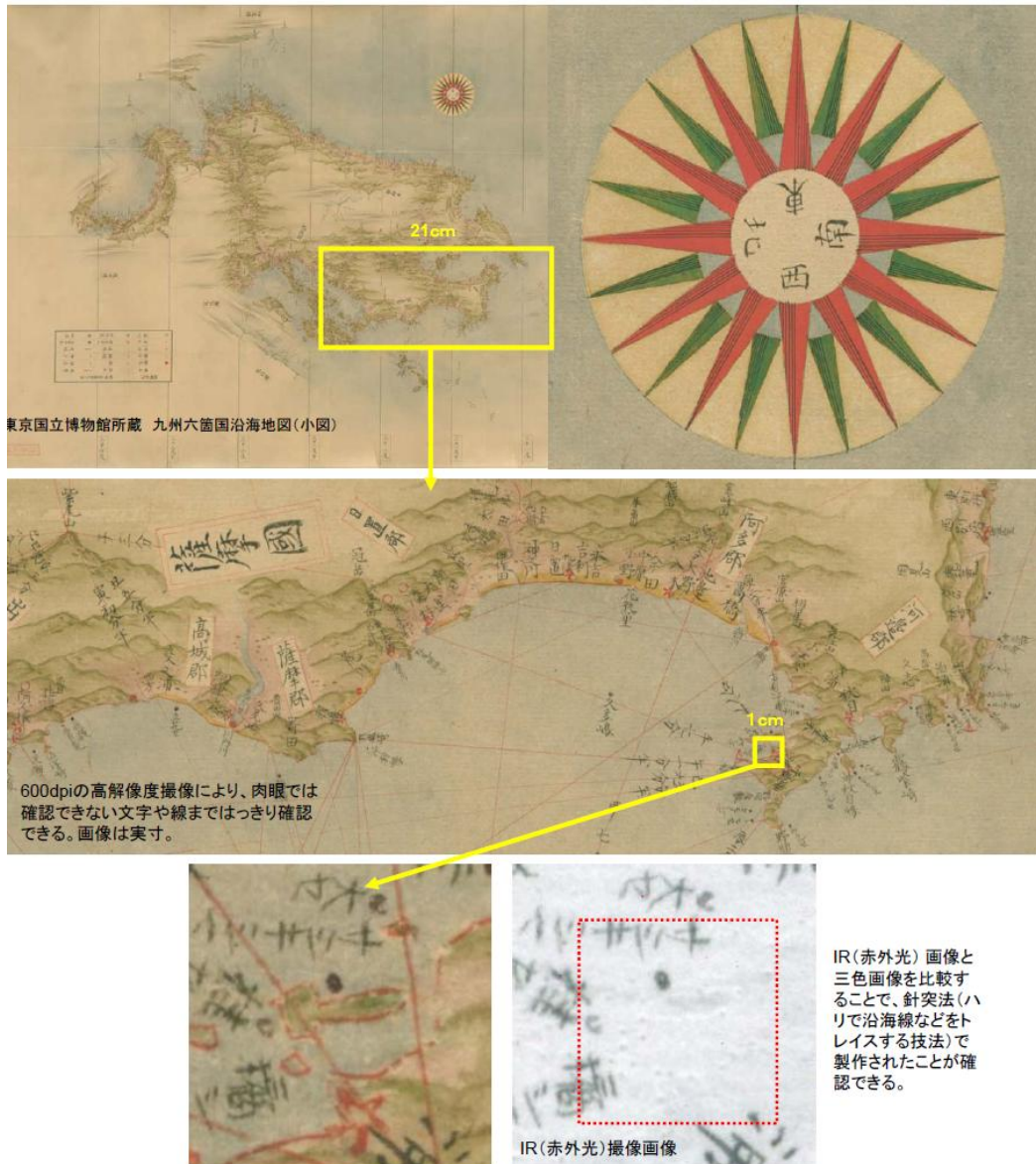


图7 伊能忠敬绘 “九州六个国沿海地图(小图)”

4. 文化财扫描实际成果

以下列举了国内外文化财数码化实际成果。

1. 九州国立博物馆藏“南蛮船骏河湾来航图屏风”
2. 世界文化遗产 二条城障壁画
3. 日本国宝文化财 大德寺聚光院障壁画

4. 重要文化财 京都大学藏“Conder 建筑图面”
5. 京都大学综合博物馆・滋贺大学经济学部附属史料馆・浦添市美术馆・冲绳县立博物馆藏“琉球屏风四只”
6. 增上寺藏“五百罗汉图”
7. 日本国宝・重要文化财 高野山金刚峰寺藏文化财
8. 重要文化财 韩国三大寺院通度寺藏“八相图”
9. 东京国立博物馆藏・九州国立博物馆管“伊能图”

以上工程扫描块数高达 1000 块，给与我们数码化，处理，以及数码储存国内外文化财的现场经验。

5. 研究成果

以下说明在综合系统开发中得到的各种相关成果。

1. 开发几代高性能，高精度扫描器。这些的技术水平多高于以前的装置，可以商品化。（A-scanner, Conder, HokusaiI, HokusaiII）
 - 扫描速度和效率超高，获取画像多优于以前的扫描器。
 - 由于模块构造设计，实现了免震框架。可以应付各种大小及种类的文化财。
 - 开发了新式光源，可以控制扫描时的空间及频度分布。亦可获取近赤外画像。
 - 可获取 RAW, 16 位数据。
 - 构筑了弹性色彩管理系统。
2. 开发了 3D 色彩摄像装置以及软件。（可记录表面细微形状）
3. 开发了动态显示以及大容量画像储存系统
4. 开发了数据库系统。实现了 TB 级画像显示。
5. 试制了贵重书籍专用扫描器。
6. 以商品化为目的，试制了小型多机能扫描器。

6. 结语

在本研究，我们开发了大容量画像动态显示及储存保全综合系统。此系统以以下 3 部分构成：画像获取系统，分析系统，以及储存保全及动态显示系统。画像系统即是定制大型超清晰度平面扫描器。此扫描器以模块设计，可以简单且高效率地控制数据管理。它包含着硬件模块，固件模块，以及软件模块。分析系统包含颜料识别系统，此系统则利用以 RGB 及 Multispectral 画像重建的分光反射率。重建的反射率再由一般传统日本颜料数据库来识别。至于储存保全及动态显示系统，它可以以从几百 MB 至几 GB 的大小来储存及显示大容量画像。这可以无缝地显示大容量画像。平常这种工程是非常吃力的。另外，还开发了 3D 表面细微形状记录系统，小型多机能扫描器，以及贵重书籍专用扫描器试制品。这些努力是对于文化财的保全，保护，以及储存有非常大的帮助，再加上对下代子孙也有非常大的利益。