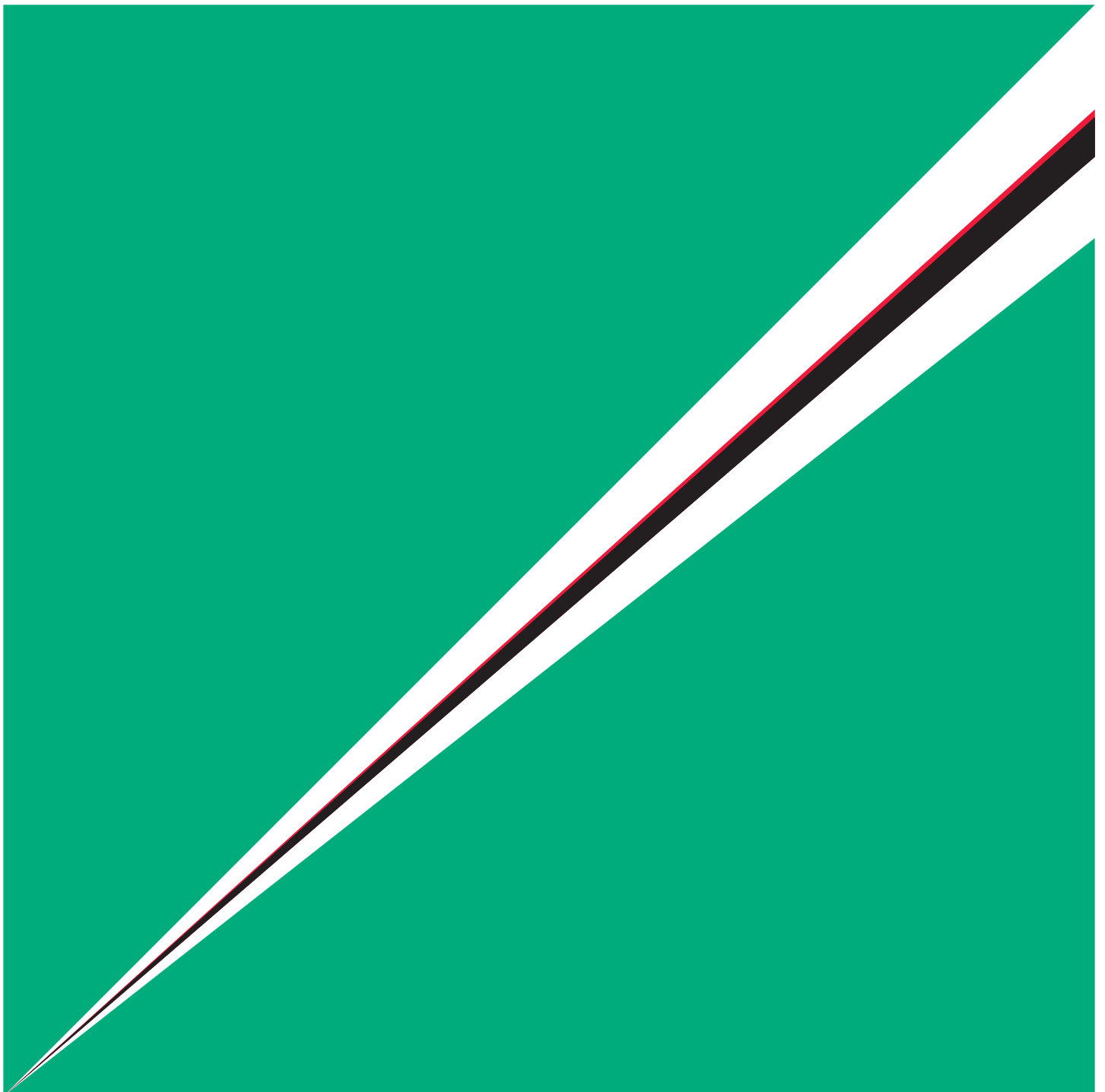


FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT

No.60-2015

富士フイルム研究報告



刊行の趣旨

富士フイルム株式会社および関連会社が行なった研究開発活動の成果を紹介するために、本誌を毎年発行する。多様な研究開発の全容を俯瞰できるように、多くの事業分野から特筆すべき新製品およびそれらに盛り込まれた技術をとりあげ、本誌に投稿された書き下ろし論文と、科学技術誌等に掲載された論文の転載により解説するとともに、過去1年間に科学技術誌や学会等の講演要旨集に公表された論文のリストを巻末に掲げる。

PURPOSE OF PUBLICATION

This annual publication is issued in order to introduce the results of research and development carried out in the laboratories of FUJIFILM Corporation and its subsidiaries. To provide an overview of our wide-ranging R&D activities across numerous business fields, this collection includes the papers, which are newly written or have already been published in various science and technology journals, regarding our noteworthy new products and novel technologies. In addition, a list of such papers published in journals and those presented at academic conferences in the past one year is attached at the end.

巻頭言

富士フイルム株式会社
取締役・専務執行役員
玉井 光一



メディカル事業部で、事業部長とメディカル開発センター長を担当しました。事業とR&Dの両方の責任者です。『こんなものをつくってくれ！とR&Dに投げて、自分で受け取って開発する。』という環境で、富士フイルムの歴史の中でも珍しい人事だったと思います。仕事量は当然、多くなりますが、レスポンスは間違いなく上がることで、当然ですがR&Dの歩留りが上がります。上げざるを得ないという環境です。

現在、R&D全体の問題点は、新製品開発の歩留りが悪いことと、開発スピードが遅いことです。この内容に否定を唱える方は、3種類の方がいると思います。①成果をキチンと出しており、憤慨される方、②新製品だから歩留りが悪くて当然だと言う方、③無関心、うまく行かないことは当然ということで流されている方です。

私が問題提起したいのは、②と③です。新製品は簡単にはできない。その新製品を絶対に成功させようという気概を持ち続けているか？ また、開発期間について、拘りを持って望んでいるか？ ということについて聞きたいと思います。

それから、新製品に対するマーケティングについて、研究者自身がどこまで入っているか？ 事業部の言う通りの仕様で開発をしていないか？ という点も気になります。

さらに、R&Dだけでなく、富士フイルムの従業員の方でよく見かけるのは、金の話が後回しになっていることです。金話を先にするのは、下品で、そのような話を先にと顧客や協力会社は逃げてしまうと思っている方がいますが、これは間違っています。むしろ、顧客や協力会社には、金話を先にとすると、この人はしっかりしていると思われる。R&Dがスタートした時点で、計画した製品原価、売価が甘いというケースも多々見かけます。製品が完成した時点の製品原価、売価を見切る必要があります。すなわち、製品売価は動いているということです。原価は、そのつもりで設定する必要があります。

他社は、このようなものはできない。できたとしても性能がついて来れない。良いものであれば高く売れるという考え方は、甘い提示したい。

富士フイルムには、優秀な人材がたくさんいます。しかし、コンペティタにもおおよそ同様な能力の方がいると考えるべきです。では、どうしたら勝てるのかという問いになります。私は常に、以下のように考えています。『誰にも負けない努力をする。』ということです。これは、京セラの稲盛会長も同様なことを言われており、日本航空の再建の本にも記載されていました。

私は、機械工学を学び、たくさんの産業機器を開発してきました。失敗もありましたが、比較的、歩留りが高かったと言われていました。何故かという、常に、『このメカニズムの選択は正しいのか？ それは、最低コストで構成できているのか？』と技術とコストを照らし合わせてきたからだだと思います。

私は、生涯、機械技術者でいたいと考えています。経営側に立った現在でも、継続的に機械技術を学び、それを止めたら、経営者としての目が曇ると思っています。また、切羽詰まったら、自分で図面を書く。という気概を常に持ち続けたいと思っています。R&Dの会議の席上で、よくホワイトボードに向かい、機器のイラストを今でも書いています。3Dで書くと、完成した姿や問題点を皆で共通認識できます。

R&Dの役職者の皆さん、ホワイトボードの前に立っていますか？ 立つことができますか？ 若手の方に新製品の構想や会議録を書かせ、文句だけ言っていませんか？

富士フイルムを真に成長軌道に乗せるためには、当たり前ですが新製品の創出は必須です。他社を凌駕するのは、鼻の差でもよく、早く上市することが大事です。役員を含め、従業員全員で『他社に絶対に負けない努力』をしましょう。

富士フィルム研究報告

第 60 号

目 次

原 著

デジタルインクジェット印刷機「Jet Press 720S」の開発	草苺 努, 三田 剛	1
超軽量次世代カセット DR「CALNEO Smart」の開発	北田 信, 別当屋敷 豪人, 清水川 将, 田島 崇史, 小倉 良介	6
ライフサイエンス研究用新世代 CCD イメージャの開発	伊神 盛志, 小林 尚志, 田中 康武, 山口 晃	10
新画像処理「Virtual Grid (バーチャルグリッド) 技術」の開発: X 線検査の画質と作業性の向上	川村 隆浩, 内藤 慧, 岡野 佳代, 山田 雅彦	21
CT 画像を用いた肺の呼吸機能の定量化	橋本 剛幸, 王 彩華, 榎本 潤	28
動物用定量免疫測定試薬「富士ドライケム IMMUNO AU カートリッジ vc-TSH, v-COR」の開発	知久 浩之, 片田 順一, 大原 智也, 笠置 典之, 和田 淳彦, 中村 健太郎	33
ヘアケアシリーズ「アスタリフト スカルプフォーカス」の開発	田代 朋子, 村口 太一, 金久 真由子, 森 幹永, 北岡 弘行, ティーレ 智子, 杉田 明寛, 織笠 敦, 小杉 拓治, 永田 幸三	39
ベースメイクシリーズ「アスタリフト ライティングパーフェクション」の開発	城内 美樹, 立石 朋美, 中村 和浩, 柳 輝一, 大軽 郁子, 大平 乃梨子, 吉田 那緒子, 中村 崇市郎, 池田 恵梨子, 武田 靖子	44
N-ビニル化合物を用いた UV インクジェットインクの高機能化について	梅林 励, 幕田 俊之, 田邊 守, 芝本 匡雄, 浜本 貴紀	50
新聞 CTP 版ロングライフ処理システムの開発	渡辺 年宏*, 落水 朋樹*	54

転 載

透明ペーマイトのランダムナノアレイ上に形成した金ナノ微粒子を用いた虚血脳表面増強ラマンイメージング	山添 昇吾, 納谷 昌之, 塩田 芽実, 森川 隆之*, 久保 亜紀子*, 谷 武晴, 菱木 貴子*, 堀内 正*, 末松 誠*, 梶村 真弓*	61
銀増幅イムノクロマトグラフィー法を用いた高感度インフルエンザ迅速診断システムの臨床検討	三田村 敬子*, 清水 英明*, 山崎 雅彦*, 市川 正孝*, 長井 健祐*, 片田 順一, 和田 淳彦, 川上 千春*, 菅谷 憲夫*	72
デュアルモードトモシンセシスによる臨床性能評価	遠藤 登喜子*, 大岩 幹直*, 森田 孝子*, 須田 波子*, 吉川 和明*, 白岩 美咲*, 林 幸枝*, 堀場 孝雄*, 佐藤 康幸*, 市原 周*, 千代 知成, 楠木 哲郎, 荒井 毅久	78
光音響イメージングの医療応用に向けて—光音響画像と超音波画像の融合—	辻田 和宏	86
高階グラフカットによる肺動静脈セグメンテーション	北村 嘉郎, 李 元中, 伊藤 渡, 石川 博*	92
透明感の肌状態解析による評価手法の構築—画像評価(見た目)からの解析—	大軽 郁子, 吉田 那緒子	101
アスタキサンチンとその周辺化合物の抗酸化能	森 淳一, 横山 裕, 澤田 敏彦, 宮下 陽介, 永田 幸三	103
ランダム分散銀ナノディスクを用いた近赤外反射透明メタ表面	谷 武晴, 白田 真也, 清都 尚治, 納谷 昌之	109
強く近接化した量子ドット薄膜中のマルチエキシトン生成における表面リガンドの効果	小野 雅司, 西原 大志*, 井原 章之*, 菊池 信, 田中 淳, 鈴木 真之, 金光 義彦*	118
自己組織化ハニカム構造ポリマーフィルム形成における水滴層のテクトニクスによる線欠陥の形成とその制御	山崎 英数, 伊藤 晃寿, 藪 浩*, 下村 政嗣*	124
3D ディスプレイにおける視野角性能向上を実現する新方式パターンド・リターダーフィルムの開発	高田 勝之, 大谷 健人, 中尾 真人, 大室 克文, 雨宮 一洋, 後藤 亮司, 松本 彩子, 片桐 俊幸, 香川 英章, 須賀 陽一, 伊藤 洋士	131
液晶材料を用いた OLED 反射防止用新規広帯域 1/4 波長フィルム	高橋 勇太, 古木 裕介, 吉田 慎平, 大谷 健人, 武藤 正兼, 須賀 陽一, 伊藤 洋士	134
TN-LCD の階調反転解析と新視野角拡大フィルムを用いた表示品質の改善	佐藤 寛, 山本 昌, 矢内 雄二郎, 齋藤 之人, 荒井 勉, 伊藤 洋士	138
新規な感光性有機層間絶縁膜	中村 秀之, 柏木 大助, 山田 悟, 崎田 享平, 河邊 保雅	142
14nm ハーフピッチ及びそれ以下に向けた EUV レジスト材料の設計	椿 英明, 樽谷 晋司, 藤森 亨, 滝沢 裕雄, 後藤 孝浩	146
バイオレットレーザー対応高感度光重合開始系及びそのフォトリソ CTP への応用	渋谷 明規, 國田 一人, 小泉 滋夫*	156
リニアテープシステム用磁気テープ技術	清水 治, 原澤 建, 野口 仁	162
最新の劣化診断技術を核とした設備情報システムの開発	石野 昌裕	168

印刷発表リスト	178
---------------	-----

* 印は富士フィルム株式会社以外の研究者または共同研究者

FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT

No.60

CONTENTS

Originals

Development of "Jet Press 720S" Digital Inkjet Press	Tsutomu KUSAKARI and Tsuyoshi MITA	1
Development of Next-generation Ultra-lightweight Cassette DR "CALNEO Smart"	Makoto KITADA, Akihito BETTOUYASHIKI, Sho SHIMIZUKAWA, Takashi TAJIMA, and Ryosuke OGURA	6
Development of a Next-generation CCD Imager for Life Sciences Research	Seishi IKAMI, Takashi KOBAYASHI, Yasutake TANAKA, and Akira YAMAGUCHI	10
Improvement in Image Quality and Workflow of X-Ray Examinations using a New Image Processing Method, "Virtual Grid Technology"	Takahiro KAWAMURA, Satoshi NAITO, Kayo OKANO, and Masahiko YAMADA	21
Quantification of the Respiratory Activity of the Lung using CT Images	Takayuki HASHIMOTO, Caihua WANG, and Jun MASUMOTO	28
Development of Quantitative Immunoassay Reagent "FUJI DRI-CHEM IMMUNO AU Cartridge vc-TSH and v-COR"	Hiroyuki CHIKU, Junichi KATADA, Tomoya OHARA, Noriyuki KASAGI, Atsuhiko WADA, and Kentaro NAKAMURA	33
Development of a Hair Care Product Series, "ASTALIFT SCALP FOCUS"	Tomoko TASHIRO, Taichi MURAGUCHI, Mayuko KANEHISA, Mikinaga MORI, Hiroyuki KITAOKA, Tomoko THIELE, Akihiro SUGITA, Atsushi ORIKASA, Takuji KOSUGI, and Kozo NAGATA	39
Development of Base Makeup Series "ASTALIFT Lighting Perfection"	Miki KINAI, Tomomi TATEISHI, Kazuhiro NAKAMURA, Terukazu YANAGI, Ikuko OGARU, Noriko OHIRA, Naoko YOSHIDA, Soichiro NAKAMURA, Eriko IKEDA, and Yasuko TAKEDA	44
High Functionality of UV Inkjet Inks Produced by Combining an N-vinyl Compound	Tsutomu UMEBAYASHI, Toshiyuki MAKUTA, Mamoru TANABE, Tadao SHIBAMOTO, and Takahiro HAMAMOTO	50
Development of a Long-life Processing System for Newspaper CTP Plates (LL-6)	Toshihiro WATANEBE* and Tomoki OCHIMIZU*	54

Reprints

Large-Area Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Imaging of Brain Ischemia by Gold Nanoparticles Grown on Random Nanoarrays of Transparent Boehmite	Shogo YAMAZOE, Masayuki NAYA, Megumi SHIOTA, Takayuki MORIKAWA*, Akiko KUBO*, Takeharu TANI, Takako HISHIKI*, Tadashi HORIUCHI*, Makoto SUEMATSU*, and Mayumi KAJIMURA*	61
Clinical evaluation of highly sensitive silver amplification immunochromatography systems for rapid diagnosis of influenza	Keiko MITAMURA*, Hideaki SHIMIZU*, Masahiko YAMAZAKI*, Masataka ICHIKAWA*, Kensuke NAGAI*, Junichi KATADA, Atsuhiko WADA, Chiharu KAWAKAMI*, and Norio SUGAYA*	72
Clinical Evaluation of Dual Mode Tomosynthesis	Tokiko ENDO*, Mikinao OOIWA*, Takako MORITA*, Namiko SUDA*, Kazuaki YOSHIKAWA*, Misaki SHIRAIWA*, Yukie HAYASHI*, Takao HORIBA*, Yasuyuki SATO*, Shu ICHIHARA*, Tomonari SENDAI, Tetsuro KUSUNOKI, and Takahisa ARAI	78
Toward the Medical Application of Photoacoustic Imaging -Fusion of Ultrasound Imaging and Photoacoustic Imaging-	Kazuhiro TSUJITA	86
Adaptive higher-order submodular potentials for pulmonary artery-vein segmentation	Yoshiro KITAMURA, Yuanzhong LI, Wataru ITO, and Hiroshi ISHIKAWA*	92
Establishment of evaluation method for translucence of the skin using imaging analysis	Ikuko OGARU and Naoko YOSHIDA	101
Anti-Oxidative Properties of Astaxanthin and Related Compounds	Junichi MORI, Hiroshi YOKOYAMA, Toshihiko SAWADA, Yousuke MIYASHITA, and Kouzou NAGATA	103
Transparent near-infrared reflector metasurface with randomly dispersed silver nanodisks	Takeharu TANI, Shinya HAKUTA, Naoharu KIYOTO, and Masayuki NAYA	109
Impact of surface ligands on the photocurrent enhancement due to multiple exciton generation in close-packed nanocrystal thin films	Masashi ONO, Taishi NISHIHARA*, Toshiyuki IHARA*, Makoto KIKUCHI, Atsushi TANAKA, Masayuki SUZUKI, and Yoshihiko KANEMITSU*	118
Formation and control of line defects caused by tectonics of water droplet arrays during selforganized honeycomb-patterned polymer film formation	Hidekazu YAMAZAKI, Koju ITO, Hiroshi YABU*, and Masatsugu SHIMOMURA*	124
Novel Film Patterned Retarder for Improving Viewing Angle Properties in 3D-LCDs	Katsuyuki TAKADA, Taketo OTANI, Masato NAKAO, Katsufumi OHMURO, Kazuhiro AMEMIYA, Ryoji GOTO, Ayako MATSUMOTO, Toshiyuki KATAGIRI, Hideaki KAGAWA, Yoichi SUGA, and Yoji ITO	131
A New Achromatic Quarter-Wave Film Using Liquid-Crystal Materials for Anti-Reflection of OLEDs	Yuta TAKAHASHI, Yusuke FURUKI, Shinpei YOSHIDA, Taketo OTANI, Masakane MUTO, Yoichi SUGA, and Yoji ITO	134
Analysis of Grayscale Inversion and Image Quality Improvement of TN-LCDs Using New Wide View Film	Hiroshi SATO, Akira YAMAMOTO, Yujiro YANAI, Yukito SAITOH, Tsutomu ARAI, and Yoji ITO	138
Novel Photosensitive Organic Insulator for High Definition FPD Applications	Hideyuki NAKAMURA, Daisuke KASHIWAGI, Satoru YAMADA, Kyouhei SAKITA, and Yasumasa KAWABE	142
Novel EUV resist materials design for 14 nm half pitch and below	Hideaki TSUBAKI, Shinji TARUTANI, Toru FUJIMORI, Hiroo TAKIZAWA, and Takahiro GOTO	146
High Sensitive Photopolymerization Initiator System using Violet Laser and Its Application to Photopolymer CTP Plate	Akinori SHIBUYA, Kazuto KUNITA, and Shigeo KOIZUMI*	156
Advanced Magnetic Tape Technology for Linear Tape Systems	Osamu SHIMIZU, Takeshi HARASAWA, and Hitoshi NOGUCHI	162
Development of plant maintenance management system with the focus on latest inspection technology	Masahiro ISHINO	168

Published Papers List	178
-----------------------------	-----

* Co-researcher outside FUJIFILM Corporation

デジタルインクジェット印刷機「Jet Press 720S」の開発

草苺 努*, 三田 剛*

Development of “Jet Press 720S” Digital Inkjet Press

Tsutomu KUSAKARI* and Tsuyoshi MITA*

Abstract

FUJIFILM released a new sheet-fed inkjet printer in 2014—Jet Press 720S. Based on the previous Jet Press 720 model revealed in 2008, the Jet Press 720S has been developed with improved functions. We adopted the PZT sputtering process in the printhead for good uniformity among jets, new printhead maintenance technology for nozzles with fewer defects, and a simplified replacement process for defective printhead modules. These technological advancements have resulted in improved printing productivity. In addition, full-size variable printing was introduced to diversify the available printing services.

1. はじめに

富士フィルムは商業印刷の小ロット化に対応できる高速高画質枚葉インクジェット印刷機「Jet Press 720」を2008年のDrupaに技術展示し、以後市場投入してきている¹⁾。これに続き、後継機となる「Jet Press 720S」を開発し、2014年に量産を開始しており好評を博している。本稿では印字品質の安定化、ダウンタイム削減による生産性向上、フルバリアブル印刷への対応により進化を遂げたJet Press 720Sに搭載されている機能について述べる。

2. Jet Press 720Sの概要

2.1 システム概要

Jet Press 720SではJet Press 720から継承および進化した以下の技術群を搭載している。

- ① 高密度打滴を行う高耐久MEMSヘッドの実装
- ② ヘッドのメンテナンスによる高画質印字の維持
- ③ 高速凝集技術による高い色再現性
- ④ 水性インクの乾燥
- ⑤ インラインスキャナによる高精度読み取り
- ⑥ 画像処理技術
- ⑦ フルバリアブル印刷（オプション）

これらの技術により従来のオフセット印刷機にはない汎用性を備えたことで、小ロット印刷や短納期印刷など、さまざまなニーズに対応できる革新的な印刷機としての評価を得ている。

Fig. 1にJet Press 720Sの外観を、Jet Press 720Sのシステム仕様を以下に記す。

画質	: 1,200dpi × 1,200dpi
色	: CMYK (4色), 水性顔料インク
用紙搬送方式	: シート搬送
最大用紙サイズ	: B2 (750x532mm)
用紙厚	: 0.105mm~0.34mm
最大印刷速度	: 2,700枚/時
装置サイズ	: W8,019mm × D2,653mm × H2,050mm
重量	: 14トン



Fig. 1 View of Jet Press 720S

本誌投稿論文（受理2015年1月28日）

*富士フィルム（株）R & D統括本部
アドバンスト マーキング研究所
〒250-0111 神奈川県南足柄市竹松1250

*Advanced Marking Research Laboratories
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation
Takematsu, Minamiashigara, Kanagawa
250-0111, Japan

2.2 高精度MEMSプリントヘッド概要

Jet Press 720Sでは高精度なカラーレジストレーションを確保するために、ひとつの印字胴にコンパクトな1,200dpi/720mm幅ピエゾ方式ヘッドを4色配置している(Fig. 2)。これによりシングルパス印字で最大2,700枚/時の生産性を実現している。

プリントヘッドは1,200dpiで2,048個のノズルを持つヘッドモジュールを使用しており、数 μ mの高精度で17個が並ぶプリントバーを形成することで広い印字幅に対応している。

このヘッドは、インク流路からノズルまでSiを使った、MEMS (Micro Electrical Mechanical System) プロセスを活用し、サブミクロンレベルで高精度かつ高密度に構成されている。インクの最小滴量は、2.0plを100kHzで吐出する能力を有しており、小滴の他に、中滴、大滴の3種類のインク滴サイズを打ち分けて描画を行っている。

Fig. 2にFUJIFILM Dimatix社にて製造するプリントヘッドモジュールを、またFig. 3に高精度に実装したプリントバーの外観を示す。



Fig. 2 Inkjet print engine and printhead module



Fig. 3 Print bar

3. Jet Press 720Sに搭載されている技術

Jet Press 720Sでは、システム全体において実装する搭載技術の見直しを行い、Jet Press 720より技術を継承するとともに性能向上を図り、新たな技術を搭載した。これらの技術について順に述べる。

3.1 ヘッド関連技術

ヘッド耐久性の改善および印字性能の悪化抑止策を導入することで、非印字時間を圧縮し実質的な印字生産性を向上させている²⁾。具体的には、(1) 圧電アクチュエータ部のスパッタ

タ薄膜化による印字耐久回数の向上、(2) Web (クリーニング布) によるノズル面ワイピング、(3) 分割ダミージェットによるノズル面へのインク付着防止、(4) ノズル乾燥劣化抑制、(5) ヘッド交換機能の付与、である。

3.1.1 圧電アクチュエータ部のスパッタ成膜

Jet Press 720Sの圧電アクチュエータには、富士フイルムが開発した、高い圧電定数を誇るスパッタ膜を用いている(Fig. 4)。従来は、バルク状のPZT (チタン酸ジルコン酸鉛) を薄く研磨する方法を採用していたが、スパッタ化により、研磨等の生産工程が大幅に削減され、モジュール内の吐出効率をより均一化することに成功している。またスパッタPZT膜は接着剤を用いず、耐熱性が高いために、成膜後の高温プロセスの自由度が広がり、透湿性の低い保護膜を安定して表面に形成することができるため、水分の浸入による寿命の低下を抑えることを可能にしている。実験的に行った高温環境での高電圧パルス7,000億回印加する過酷な耐久試験においても、2,048個のアクチュエータ部がまったく故障せず3%以内の変動に抑えられる結果が得られており、駆動部の耐久性向上に貢献している(Fig. 5)。

3.1.2 Webによるノズル面ワイピング

ラテックスを含む水性顔料インクを長期間に渡って安定的に吐出させることは難しい課題であり、吐出精度を確保するためにノズル近傍の高い撥水性を維持し続ける必要がある。

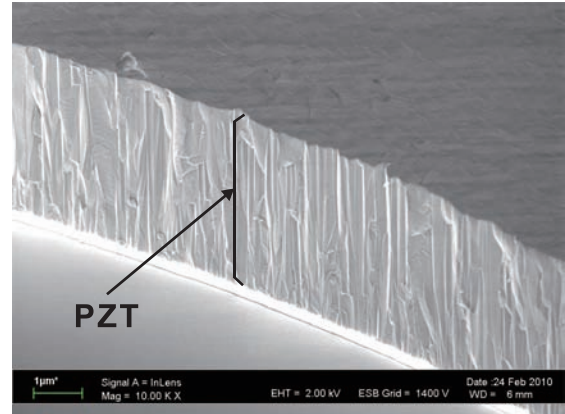


Fig. 4 SEM micrograph of sputtered PZT

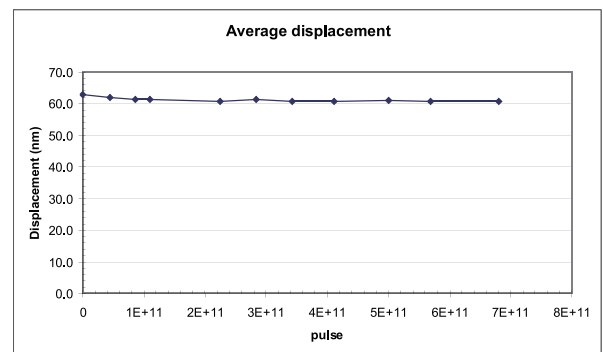


Fig. 5 Average displacement over time. Less time degradation of displacement occurs with recurring jetting pulses. Data points indicate when each jetting pulse occurred.

このため、ヘッドモジュールには耐久性の高いフルオロカーボン系の高耐久性の撥水膜をノズル面上に付与している。さらに、ヘッドモジュール内でインク循環を行い、ノズル近傍でのインク増粘を防止する構造としている (Fig. 6)。

また、吐出安定性を確保するためのヘッドメンテナンスには、乾燥固着しやすいラテックス含有水性顔料インクに対して、ノズル洗浄液を染み込ませたWebでワイプする方式 (Fig. 7) を新たに採用している。このメンテナンス機構によりノズル面は常にクリーンな状態に保たれ、吐出性能の維持を可能としている。

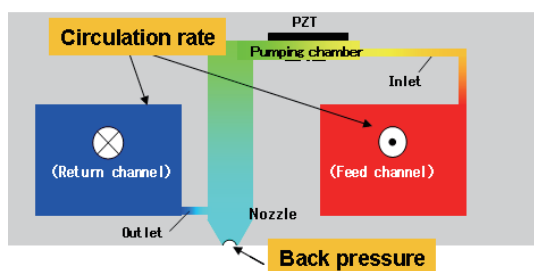


Fig. 6 Schematic of ink circulation in printhead module

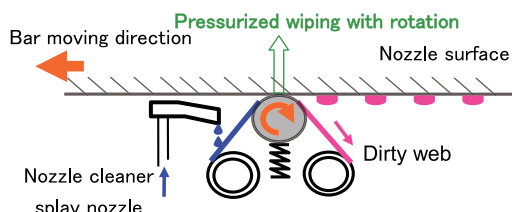


Fig. 7 Outline view of web wiping system

3.1.3 分割ダミージェット

ラテックスを含む水性顔料インクを長期間に渡って安定的に吐出させるために、Webでのワイプを行う前に、Job中にノズル近傍で増粘したインクを吐き出す作業として、ダミージェットを行っている。Job印字中のインクミストに加え、このダミージェット時のインクミストがノズル面に付着するため、ノズル面をクリーンにキープするためには、繰り返しWebワイプを実施することが必要であった。

Jet Press 720Sでは、ダミージェットを行うノズルを複数個・複数回に分割することで、ノズル間のクロストークによるミスト発生を大幅に低減し、ノズル面へのミストの付着を最小限に抑えることができた (Fig. 8)。これにより、ワイプ回数を低減することができ、ワイプ摩擦によるノズル面のダメージを最小限に抑え、かつ非印字時間を削減することに成功している。

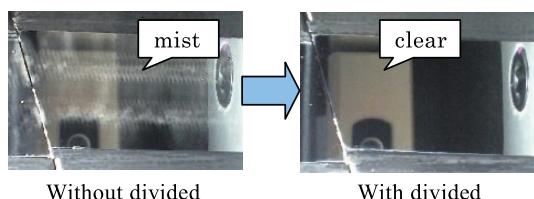


Fig. 8 With and without divided dummy jetting

3.1.4 ノズル乾燥劣化抑制技術

Jet Pressシリーズでは、紙への高速での凝集定着を実現するため、一般の水性インクジェットインクに比べ固形物がノズルに固着し再溶解しにくい特性を持つ、ラテックス含有の水系顔料インクを採用している。ノズル面へのインク固着を抑制する技術のひとつとして、インク循環圧力、ノズル面圧力の最適化を実施している。実験的な各圧力の最適化を実施し、インク循環圧力を高く、ノズル面圧力を高精度に正圧寄りとすることで、乾燥固着による吐出劣化を抑制できることが分かっている。代表的な圧力について参考値を示す (Fig. 9)。この方法で、標準的な初期条件に比べて、強制条件において乾燥劣化速度を6倍遅延させることができています。

3.1.5 ヘッド交換技術

前述の技術群によりヘッドモジュールの印字性能維持はJet Press 720よりさらに向上しているが、性能劣化したヘッドモジュールを容易にメンテナンスできることも求められる。Jet Press 720Sでは、ヘッドモジュール単位の交換機構を新たに導入することでメンテナンス性の大幅な向上とダウンタイムの削減を実現している。

ヘッドモジュールの交換作業および交換後の数 μm オーダーの位置調整やヘッド特性の補正作業は本体オペレーションに従ってユーザレベルで実施できるように準備されており、印字性能悪化という事態にも迅速に対応可能としている。Fig. 10にヘッドモジュール交換機能の概略図を示す。

Differential Pressure [Pa]	500	2880	5760	6480
Back pressure [Pa]				
-1000	0.49 ↑ × 1.58	2.54 ↑ × 2.54		6.24 ↑ × 1.70
-2000	0.31	1 (type condition)	4.33	
-2500		almost same		3.68
-3500	0.30			

Fig. 9 Ink pressure control in printhead module

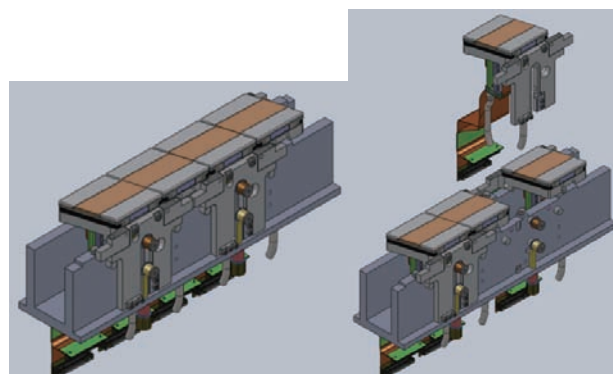


Fig. 10 Replaceable printhead module

3.2 高速凝集技術

継続して搭載している基盤技術のひとつとして、プレコンディショニングおよび高速凝集が挙げられる。一般的なインクジェット方式では、インクジェット専用紙以外のオフセット用紙などを使用すると、ドットの拡がりによる画像にじみが発生しやすい。Jet Press 720/720Sではにじみのないオフセット印刷画質を達成するために、プレコンディショニング液を印字前に用紙に塗布することでにじみを抑制している。この工程ではプレコンディショニング液を用紙上でインクと反応させることで、瞬時にインクを凝集させ、隣接のドット同士が合一することなくドット形状が保たれる (Fig. 11)。この結果、インクジェット印字の課題であるにじみを抑制し、文字再現性の劣化を防ぐことを可能としている (Fig. 12)。凝集反応の高速化は、当社オリジナルの顔料分散剤およびラテックスを開発することで実現している。

さらにこの高速凝集技術により、インクドットの印字密度を向上させることができ、広い色再現域を実現することにも繋げており、インクジェット印刷技術の核のひとつである (Fig. 13)。

3.3 画像補正, 応用技術

印刷した画像や補正用専用チャートを装置内で瞬時に読み取るインラインスキャナを実装している。印字胴のプリントヘッド直後にて印刷直後の画像を読み取ることで、印字状態の変化をすばやく検知して画像補正を加えることを可能としている。これにより印字中の描画状態の変化においても少ない損紙の発生にとどめている。

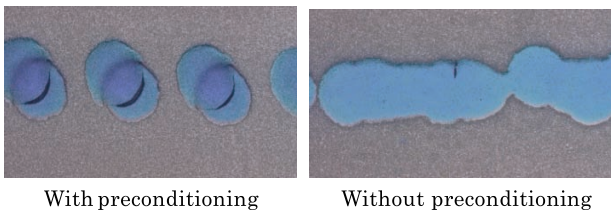


Fig. 11 Ink-dot shapes with and without the preconditioning process

Jet Pressシリーズの画像補正技術により、印字ノズルの吐出不具合やばらつきがある場合にも、白スジやムラの補正を行うことができる。不吐ノズルがある場合は、補正を行わないと白スジを発生させてしまうが、近傍のノズルの描画濃度を変えることでスジの視認性を下げることができる (Fig. 14)。また大きな吐出曲がりを検出した際にも、対象ノズルを不吐化するにより同様に補正を行うことを可能としている。

3.4 バリアブル印刷

デジタル印刷機ならではの機能として、連続して印刷する印刷Jobにて印刷画像を1枚ごとに設定できるバリアブル印刷機能を新たにオプション搭載している。バリアブル印刷時にも4色フルカラーでの印刷をフルスピードで行うことが可能である (Fig. 15)。

また、両面印刷時には用紙の先刷り面にあらかじめ印字したバーコードを、フィーダ部のバーコードリーダーで読み取り、先刷り面に合わせた適切な後刷り面の画像をリアルタイムで準備することを可能としている (Fig. 16)。

つまり先刷り面の印字順が画像種類A B C D Eであり、後刷り面印字時にA B D C Eと一部が入れ替わっていたとしても、バーコード読み取りにより入れ替わりを認識し、後刷り面画像をa b d c eと合わせることができ、本来の画像を印刷できる。両面バリアブル時のヒューマンミスや用紙抜けを自動的に補正することを可能としている。

これらはデジタル印刷機の大きな特徴となりうる機能であり、多様な印刷ニーズに対応できるため、大きな訴求力となっている。

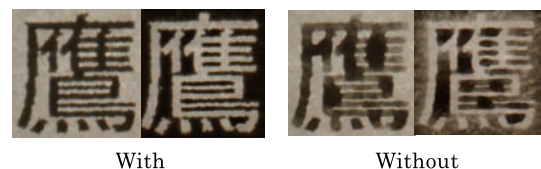


Fig. 12 Letters printed with and without the preconditioning process

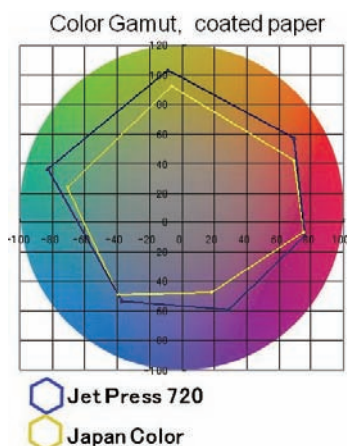


Fig. 13 Color gamut of Jet Press series and Japan color

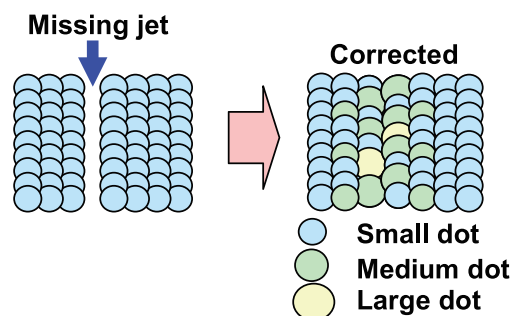


Fig. 14 Correction method for missing nozzle

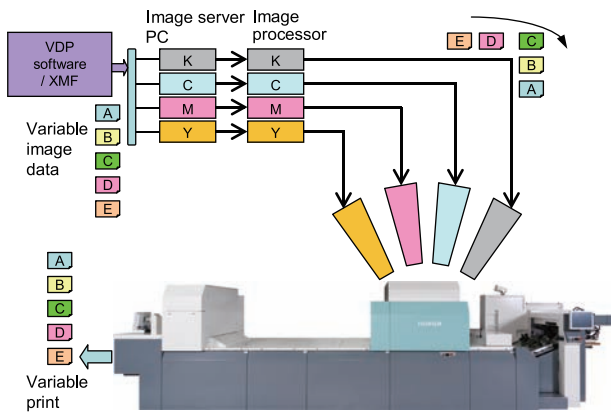


Fig. 15 Image data flow for variable printing

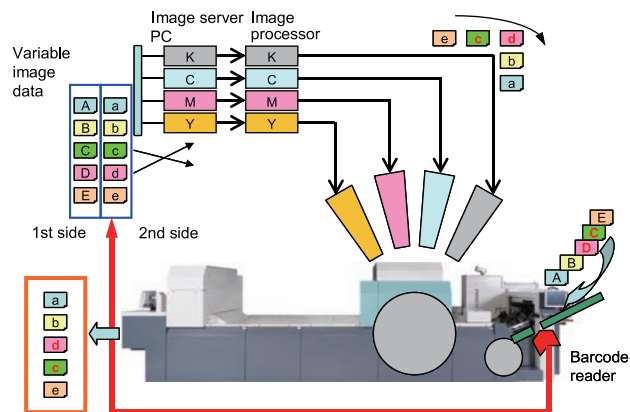


Fig. 16 Image data flow for reverse side variable printing

4. まとめ

Jet Press 720Sは、これまでのJet Pressシリーズの基盤技術を継承しつつ、革新的な改良を加えることで進化したものである。今後も多様化する印刷業界において、新たな印刷ビジネスを創出し、活性化を図る起爆剤となるべく、印刷媒体の拡大や印刷速度向上、印字品質のさらなる向上などの技術開発を継続していく。

参考文献

- 1) 中澤雄祐, 柳輝一, 永島完司, 井上義章. デジタルインクジェット印刷機「Jet Press 720」の開発. FUJIFILM Research & Development. 2012, no.57, p.27-32.
- 2) 三田剛, 中澤雄祐, 菱沼慶一, 品田英俊. “枚葉インクジェット印刷機(Jet Press 720)向けヘッドおよびヘッドメンテナンス技術”. Imaging conference Japan 2014 fall meeting. 京都市, 2014-11-21, 日本画像学会. 2014.

商標について

- 本報告中にある「Jet Press」は富士フイルム（株）の登録商標です。
- その他、本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

超軽量次世代カセットDR「CALNEO Smart」の開発

北田 信*, 別当屋敷 豪人*, 清水川 将*, 田島 崇史*, 小倉 良介**

Development of Next-generation Ultra-lightweight Cassette DR “CALNEO Smart”

Makoto KITADA*, Akihito BETTOUYASHIKI*, Sho SHIMIZUKAWA*, Takashi TAJIMA*,
and Ryosuke OGURA**

Abstract

In this paper, we report a newly developed cassette type DR called the “FUJIFILM DR CALNEO Smart”. CALNEO Smart is the world’s lightest DR with a weight of 2.6 kg, and its innovative shape and high-quality internal circuit allow for dramatically improved workflow and low-dose diagnosis. A detailed explanation about CALNEO Smart is provided in this paper.

1. はじめに

近年、医療現場におけるデジタル化は急激に進行しており、X線撮影の領域においてもDR (Digital Radiography) 化が進んでいる。当社はカセット型DR「CALNEO C」において他社を凌駕する画質性能で販売を伸ばしてきたが、デジタル化により医療機器業界へ国内外の電機メーカーや新興メーカーが多数参入し、激しい販売競争となっている。そこで、われわれは医療現場に密着してきた経験から得た「現場の要望」を重視し、撮影業務のワークフローの劇的改善をもたらす「FUJIFILM DR CALNEO Smart」(以下「CALNEO Smart」)を開発した。その数々の機能を紹介する。

2. ワークフローの劇的改善を生む新機能

CALNEO Smartではカセット型DRとして求められる基本的な撮影機能の向上はもちろんのこと、多数の新機能を搭載

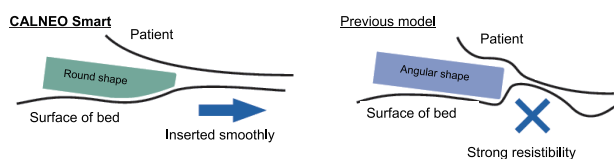


Fig. 1 Improvement in insertability of cassette because of the round shape

しており、場所・環境・分野によらない使い勝手を実現し、放射線科の撮影室の中だけでなく、病棟回診・在宅診療・災害派遣現場等さまざまなシーンでの利用に適している。

2.1 ラウンドシェイプ、フラットデザインによる操作性向上と革新デザイン

カセットのISO規格サイズ準拠でありながらも、外観上の特徴となる背面の大きな削ぎ形状(ラウンドシェイプ)によって、体下挿入時の患者に与える苦痛や挿入時の抵抗による技師の疲労などのユーザーの身体的負荷を大幅に軽減することができる (Fig. 1)。また、バッテリー装着部やネジ・ラベルなどの凹凸部を可能な限り削減したフルフラットデザインにより、高い清潔性、清掃性を実現した。さらに周辺機器も含めデザインを統一することで先進感・存在感のある製品を実現し、2014年度GOOD DESIGN賞を受賞した (Fig. 2)。



Fig. 2 Innovative and uniform design including peripheral equipment

本誌投稿論文 (受理2014年12月25日)

*富士フイルム (株) R & D統括本部
メディカルシステム開発センター
〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798
Medical System Research & Development Center
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation
Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa
258-8538, Japan

**富士フイルム (株) デザインセンター
〒106-8620 東京都港区西麻布2-26-30
Design Center
FUJIFILM Corporation
Nishiazabu, Minato-ku, Tokyo
106-8620, Japan

2.2 堅牢性、防水性と世界最軽量の両立

筐体の材料として軽量高強度であるマグネシウムを選択、さらにダイキャスト時に補強リブを一体成型することで強度をアップさせた「シェル構造筐体」を採用した(Fig. 3)。また、高精度有限要素法による動的解析を行い、判明した弱点を再設計 (Fig. 4) することで、堅牢性の向上と世界最軽量である軽さ2.6kgを実現した。中でも、曲げ荷重に対する変形の量は従来モデルと比較して約1/6と大幅な低減を達成し、救急時など担架上や不安定な場所におけるポータブル撮影等に対応することが可能である (Fig. 5)。

また、筐体のつなぎ目は密閉構造を導入し、堅牢性の向上とあわせてIPX6相当の防水性 (あらゆる方向からの強い噴流水による有害な影響がないレベル)を荷重印加時でも達成。災害現場等の屋外での使用およびその後の流水を用いた清掃も可能となった (Fig. 6)。

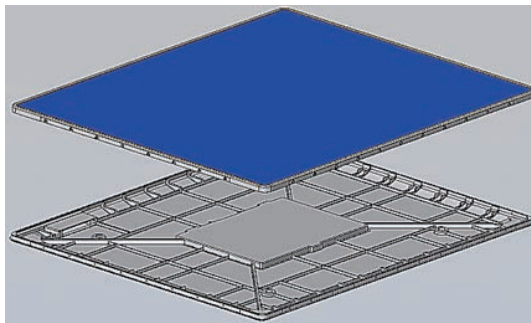


Fig. 3 Shellfish shape of magnesium alloy

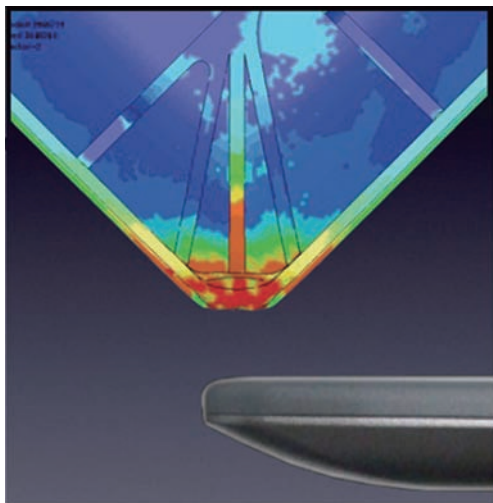


Fig. 4 Simulation of drop destruction by the finite element method

2.3 富士フィルム独自の抗菌コート「HYDRO AG」による抗菌機能の付与

CALNEO Smartでは、カセット型DRとしては初の抗菌機能を筐体表面に採用した。抗菌コートは富士フィルムが写真フィルムで培った銀および精密塗布技術と、富山化学工業の細菌に関する知見を活かした新開発のHYDRO AGを用いている。一般的な銀系抗菌コートでは抗菌剤を分散させたバインダーの親水性が乏しいため塗布膜内部に水分が作用せず、表面に露出した抗菌剤にのみ水分が作用し銀イオンが溶出されるのに対し、HYDRO AGは水分と非常になじみやすい超親水性バインダーを用い、コート膜内部にも水分が作用し内部からも銀イオンが徐放されることで、表面の銀イオン濃度を高く保ち、従来にはない高い抗菌性能と効果の長期間持続を両立する (Fig. 7)。JIS Z 2801 準拠試験では、菌液接触1時間後に生菌数が検出限界以下に減少、病院環境を模擬した

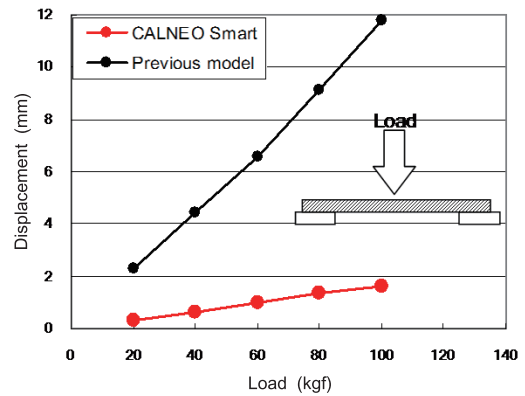


Fig. 5 Comparison between flexural deformation of "CALNEO Smart" and that of the previous model



Fig. 6 Waterproof test under load pressure (100 kgf)

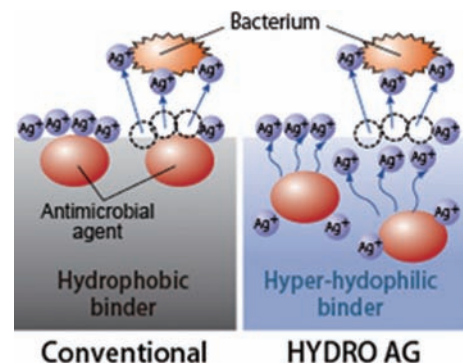


Fig. 7 Antibacterial mechanism of HYDRO AG

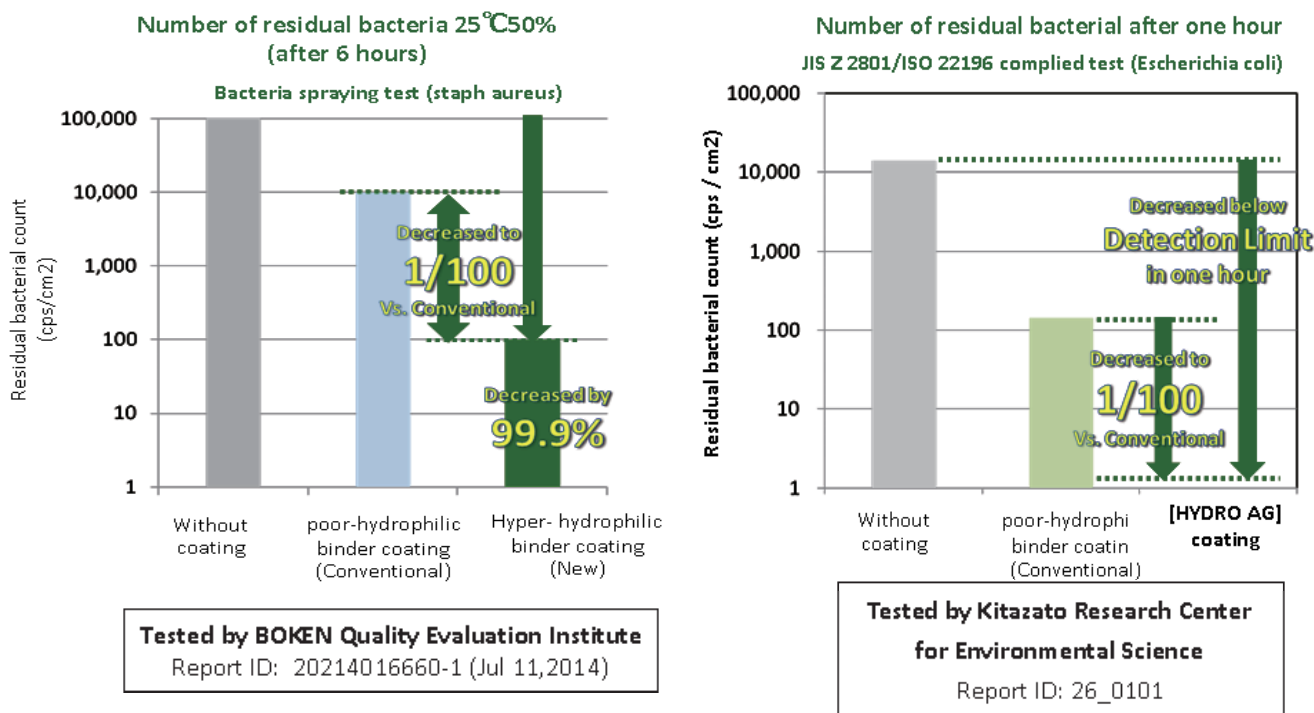


Fig. 8 Antibacterial performance of HYDRO AG

菌液を噴霧し25°C 50%RHの環境条件における保管試験でも、付着後6時間で生菌数が99.9%以上減少し、いずれも従来技術に対し100倍の効果を確認した (Fig. 8)。

2.4 長時間蓄積モードの実装

従来のカセット型DRは信号蓄積時間が最大約4秒であったため、1画像内を分割して複数回X線露光を行い、バリウムの流れを観察する食道造影検査に代表される長時間蓄積が必要な検査に対応することができなかった。しかしながら今回CALNEO Smartでは、新開発の低ノイズ回路により、長時間蓄積時のダークノイズを大幅にカットし、最大信号蓄積時間を2.5倍の10秒とすることに成功した。これにより、CRシステムに依存していた透視X線装置をDRシステムへと置換することが可能となった (Fig. 9)。

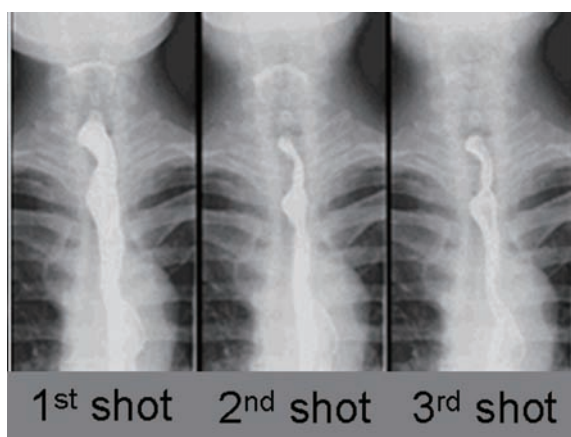


Fig. 9 Esophagram image of "CALNEO Smart"

3. 基本性能の向上

CALNEO Smartは先述の先進的機能のみならず、DRとしての基本性能も全面的に見直し、改善することで、通常の撮影作業においてもさらなる利便性を提供している。

3.1 低線量撮影化の実現

カセット型DRは、照射されたX線信号をCsIまたはGOSシンチレータにおいて光に変換し、さらにフォトダイオードとTFTを用いることで、光から変換されたアナログ電気信号で読み出し、デジタル変換したデータを出力することで画像を取得する。CALNEO Smartにおいて、検出部の構成は従来モデルから採用されている富士フィルム独自技術のISS方式 (Fig. 10) による効率的なX線の検出システムを継承しつつ、さらに新開発の低ノイズ電気回路および富士フィルムの強みである高度な画像処理を組み合わせることで、従来の半分程度のX線量でも高い画質性能が得られ、画像の粒状性の大幅な改善を実現している。

3.2 バッテリー持続時間および充電時間の改善

CALNEO Smartは電子回路を徹底的に見直し、各電圧変換回路の効率を最大にすることで、バッテリー容量を低減させ軽量化に貢献。また、従来モデルでも搭載されていたスリープモードの動作を大幅に見直し、通常モードとのシームレスな切り替えを実現しバッテリー持続時間を約8時間まで向上させることに成功した。また、さらなる持続時間の長時間化を目指し、低消費電力マイコンチップを採用、アイドル時のA/D変換部や画像処理チップへの電圧供給をコントロールすることで消費電力を低減させ、バッテリー持続時間18.5時

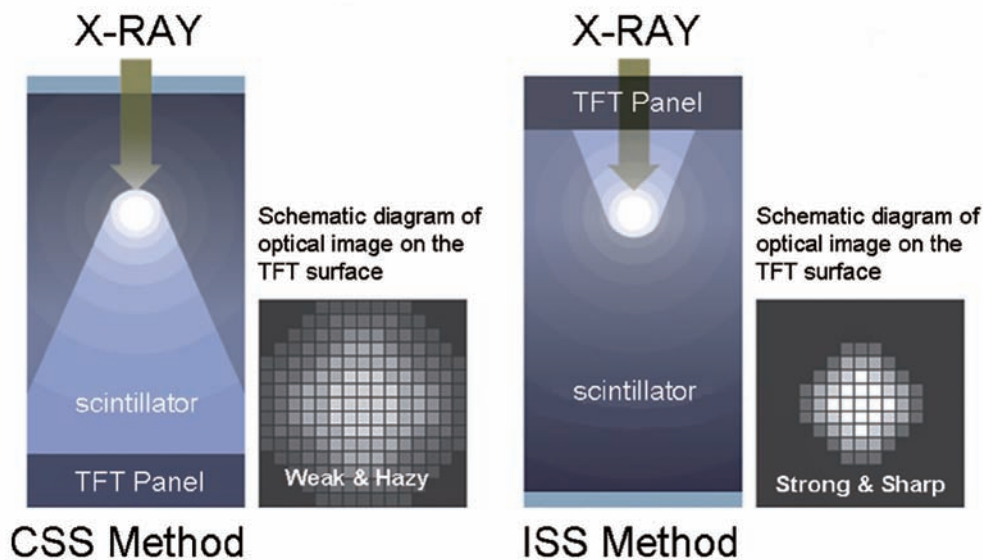


Fig. 10 In the ISS method, converted light reaching the TFT surface is strong and sharp compared with the conventional side sampling (CSS) method; therefore, image quality is significantly improved

間を達成するエクストラスリープモードを新たに搭載しており、自由に使い分けることが可能である (Fig. 11)。

充電に関してはカセット型DR本体における急速充電を新たにサポートし、従来モデルにおいて10時間程度の充電時間を4.5時間に短縮。また、クイックチャージ機能を搭載し、バッテリー残量がなくなった場合でも約3分の充電で30枚程度の撮影が可能であり、予期せぬバッテリー切れの際のダウンタイムを最小限とすることができる。

商標について

- 本報告中にある「CALNEO Smart」「CALNEO C」「HYDRO AG」は富士フイルム(株)の商標または登録商標です。
- その他、本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

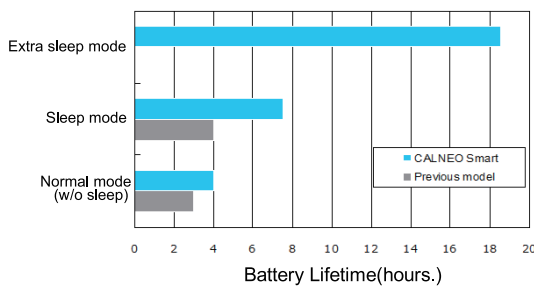


Fig. 11 Battery life improvement of “CALNEO Smart” compared with previous model

4. まとめ

これまで紹介してきたように、CALNEO Smartはさまざまな新機能と、従来モデルからさらに飛躍した基本性能を有した次世代のカセット型DRである。本報告で紹介した機能以外にも、屋外無線通信対応等、従来想定されていた撮影室内での撮影にとどまらず、病院内の至る場所やアウトフィールド全体での使用に耐えうる性能を実現している。今までデジタル化を諦めていた分野においてもCALNEO Smartを利用することで、一人でも多くの患者の診断が技師や医師の負担を軽減しつつ実現することを信じている。

ライフサイエンス研究用新世代CCDイメージャの開発

伊神 盛志*, 小林 尚志**, 田中 康武*, 山口 晃*

Development of a Next-generation CCD Imager for Life Sciences Research

Seishi IKAMI*, Takashi KOBAYASHI**, Yasutake TANAKA*, and Akira YAMAGUCHI*

Abstract

We have developed a next-generation CCD-based imager with a new design concept for use in life sciences research. In this report, we describe the configuration of the imager system and its features of high image quality, multifunctionality, and ease of use. This imager has been made commercially available as “Amersham Imager 600” by GE Healthcare.

1. はじめに

生化学・分子生物学分野のタンパク質の研究において、タンパク質をゲル電気泳動で分離した後、化学発光基質や蛍光物質で標識し、その分離パターンの化学発光や蛍光を検出することにより、イメージングして画像解析する手法がよく用いられる。

この時、電気泳動されたゲルそのものを撮影する場合と、ウェスタンブロッティング法によりゲル内のタンパク質を転写したメンブレンを撮影する場合がある。ウェスタンブロッティング法では化学発光基質を利用することが多いが、その発光は非常に微弱であるため、イメージング装置には高感度で低ノイズであることが求められる。富士フィルムは、この要求を満足する画像解析システムとして、大口径レンズと冷却CCDカメラを搭載したイメージャシステム「LAS-1000」を1997年に開発した。それ以来さまざまなアプリケーションに応えるために、「LAS-3000」等のLASシリーズを開発し、高感度化や蛍光検出等の多機能化を実現してきた¹⁾。

また2009年より富士フィルムはGEヘルスケアと、バイオサイエンス分野の画像解析システムの事業についてグローバル提携し²⁾、CCDイメージャとして「ImageQuant LAS 4000」シリーズおよび「ImageQuant LAS 500」を、富士フィルムが開発・製造し、GEヘルスケアにて販売してきた。

そしてさらなる高画質化・多機能化・使いやすさを追求し、ImageQuant LAS 4000シリーズの後継機種として、新しい

コンセプトで開発したCCDイメージャ「Amersham Imager 600」シリーズ (Fig. 1) を、GEヘルスケアにて2014年3月よりグローバルで販売を開始した。本報告ではそのAmersham Imager 600シリーズのシステム構成および高画質化・多機能化・使いやすさの特徴について紹介する。



Fig. 1 External appearance of Amersham Imager 600

本誌投稿論文 (受理2014年12月11日)

* 富士フィルム (株) ライフサイエンス事業部
〒107-0052 東京都港区赤坂9-7-3

* Life Science Products Division
FUJIFILM Corporation
Akasaka, Minato-ku, Tokyo
107-0052, Japan

** 富士フィルム (株) R & D 統括本部
メディカルシステム開発センター
〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798
** Medical System Research & Development Center
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation
Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa
258-8538, Japan

2. システム構成

Amersham Imager 600シリーズ(以下AI600シリーズ)は、微弱な化学発光を高感度で検出することに適した大口径レンズと冷却CCDカメラを組み合わせた撮影ユニット、撮影用の光源およびフィルタ、それらを操作制御するシングルボードコンピュータを筐体内に搭載したイメージングシステムであり、ゲルやメンブレンによる化学発光検出、可視検出(カラリメトリック)、蛍光検出といった多様なアプリケーションに対応できる製品となっている。AI600シリーズの主な仕様をTable 1に、内部構造の概要をFig. 2に示す。

AI600シリーズには、化学発光検出と白色落射照明による可視検出のベーシックな機能を有するAI600、エチジウムブロマイド(EtBr)等に適したUV光励起による蛍光検出機能を追加したAI600UV、さらに白色透過照明による可視検出での光学濃度測定機能を追加したAI600QC、Cy色素等に適

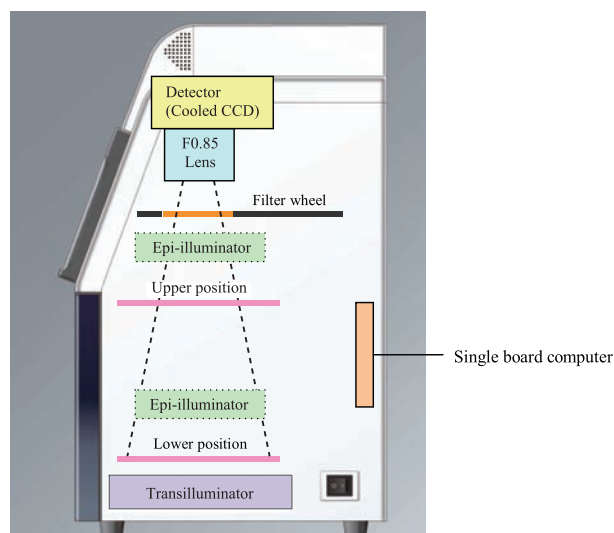


Fig. 2 Overview of the internal structure (AI600 RGB, side view).

Table 1 Specifications

Item	AI600	AI600UV	AI600QC	AI600RGB
Application	Chemiluminescence Colorimetric (Epi)	Chemiluminescence Colorimetric (Epi) Fluorescence (UV)	Chemiluminescence Colorimetric (Epi/Trans) Fluorescence (UV)	Chemiluminescence Colorimetric (Epi/Trans) Fluorescence (RGB/UV)
White light source	Epi	Epi	Epi Trans (Optical density measurement available)	Epi Trans (Optical density measurement available)
UV light source	—	312 nm Trans	312 nm Trans	312 nm Trans
Excitation light source for fluorescence	—	—	—	460 nm Epi LED 520 nm Epi LED 630 nm Epi LED
Emission filter	—	605BP40 (Cy3/EtBr)	605BP40 (Cy3/EtBr)	525BP20 (Cy2) 605BP40 (Cy3/EtBr) 705BP40 (Cy5)
CCD	FUJIFILM super CCD (3.2M pixels)			
Lens	FUJINON F0.85/43 mm			
Cooling	Thermo-electric module with air circulation Standby within 5 min following activation			
Exposure mode	Automatic Semi-automatic Manual Incremental			
Exposure time	1/10 sec–60 min			
Capture size	Upper position 80 mm x 110 mm Lower position 160 mm x 220 mm			
Interface	USB 2.0 × 4 (front 1, rear 3) Ethernet × 1 DVI-D × 1			
Data format	16-bit (grayscale) TIFF Color JPEG Grayscale JPEG			
Pixel correction	Dark frame correction Flat frame correction Distortion correction			
Analytical function	Lane creation, Background subtraction, Band detection, Molecular weight assignment, Normalization Display, save, and print analytical result			
Dimension (W,D,H)	360 mm × 485 mm × 785 mm			
Weight	43.6 kg (AI600 RGB)			

したRGB光励起による蛍光検出機能も追加したフル装備のAI600RGBの4つのタイプがあり、ユーザの必要な機能に合わせてタイプを選択することができる。また高性能なタイプへのアップグレードも、光源ユニット等の必要なモジュールを追加することにより可能である。

各タイプとも上下2つの撮影ポジションを有し、ゲル等のサンプルを置いたトレイはアプリケーションに応じてどちらかの撮影ポジションにセットされる。上側ポジションは化学発光検出専用で、下側ポジションよりも高感度撮影が可能である。下側ポジションは化学発光検出、可視検出、蛍光検出のすべてのアプリケーションの撮影が可能である。なお、撮影ポジションにより画像の取り込みサイズは異なるが、上下どちらのポジションで撮影しても、画像上の1画素あたりのサイズは同じであり、学术论文の投稿時に必要とされる300dpi以上の解像度を持つ。

またUV透過光源をトレイの真下に、白色透過光源をトレイ下面の左右に配置することで、アプリケーションにより透過光源ユニット交換することが必要なシステムを実現した(Fig. 3)。UV透過光源を使用する場合は、下側ポジションにUV透過トレイをセットする。そして、UV透過光源からの可視光成分がカットされたUV光が、トレイ上に置かれた蛍光染色サンプルに照射される。一方、白色透過光源を使用する場合は、白色拡散板をUV透過光源の上に置き、下側ポジションに白色透過トレイをセットする。そして、トレイ下面の左右に配置された白色透過光源から中央に向かって照射された光は、トレイの底面と白色拡散板の表面の間で散乱することでトレイ全面を照明し、トレイ上に置かれた可視染色サンプルに照射される。

なおAI600シリーズは、このような透過光源ユニットのコンパクト化や、落射LED光源とCCDの配置の最適化等により、ImageQuant LAS 4000シリーズ(以下、LAS 4000シリーズ)と比較して装置の小型化と軽量化を実現している。

次に、AI600シリーズの操作制御は、下記3つの方法で可能である(Fig. 4)。

- (1) 市販のUSB無線LANアダプタを接続してタブレット型PCから操作
 - (2) DVIケーブルとUSBケーブルで接続したタッチパネルディスプレイからの操作
 - (3) AI600シリーズをPC本体に見立て、USBケーブルで接続したモニタ・キーボード・マウスを使っての操作
- なお、HTML5技術を活用したVNC(Virtual Network Computing)を搭載することにより、タブレット型PCには特別なソフトをインストールする必要がなく、WebブラウザからAI600シリーズの操作制御が可能である。また、タブレット型PCはAI600シリーズに装着可能である。

撮影した画像の保存先は下記3つから選択可能である。

- (1) AI600シリーズの内部ストレージ
- (2) USBメモリあるいはUSB接続ハードディスク
- (3) ネットワーク接続したPC

なお、ネットワーク接続したPC側からAI600シリーズに搭載したWebアプリにアクセスすることにより、AI600シリーズの内部ストレージに保存された画像データを取り出すことも可能である。

3. 高画質化

3.1 CCD駆動方法の改良

CCDカメラでは、光入力のない状態でも信号出力がある。これは暗電流と呼ばれるノイズであり、S/N比(信号雑音比)を低下させて画質を劣化させる要因となる。暗電流は露出期間中に蓄え続けられるので、特に長時間露出の場合に大きな影響を与える。このため、多くのライフサイエンス用撮像装置では、CCDを冷却することで暗電流を減らすことによって、高いS/N比が得られるようにしている。

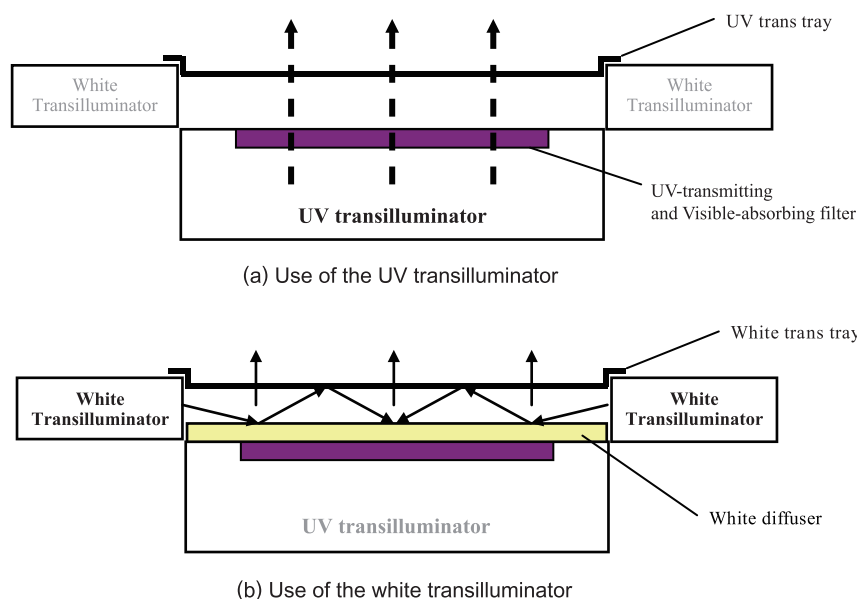


Fig. 3 Schematic view of the trans-illuminator.

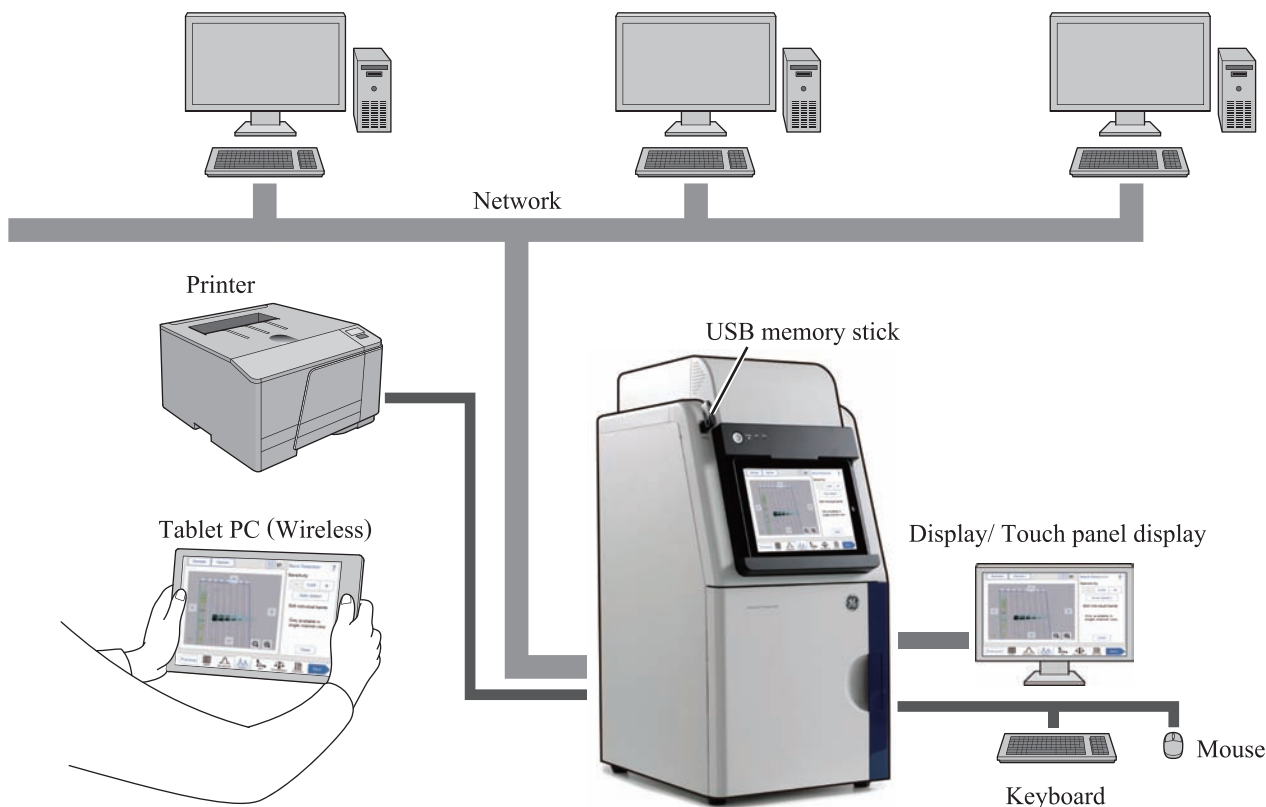


Fig. 4 System connection diagram. AI600 can be operated by a tablet PC with a wireless LAN adapter.

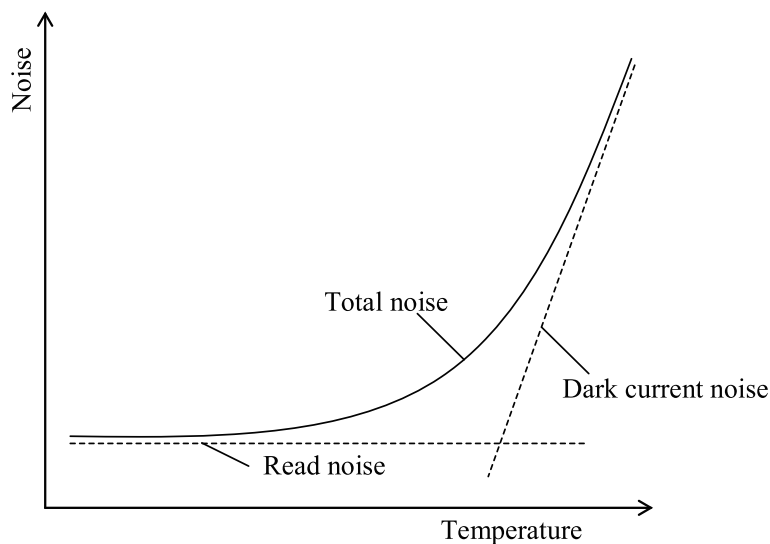


Fig. 5 Relationship between electrical noise and temperature.

一方で、CCDや後段の回路でも読み出しノイズが発生する。この暗電流によるノイズと、読み出しノイズの和がCCDカメラのトータルノイズとなる (Fig. 5)。室温環境下では暗電流ノイズが支配的であるが、十分に冷却されたCCDでは読み出しノイズが支配的である。そこで、AI600シリーズでは、読み出しノイズを低減するために新たなCCD駆動方法を開発した。

Fig. 6に示したCCD駆動波形の例を用い、水平2画素のビンニング (画素結合) した場合の駆動方法を解説する。CCDにリセットをかけると、出力部に溜まっていた電荷は吐き出され、CCD出力信号は基準電位 (V_R) となる。次に水平転送信号を立ち下げると、1画素目の信号電荷が転送され、CCD出力信号は1画素分の電位となる。ここでリセットをかけることなく、再び水平転送信号を立ち下げると、2画素目の信

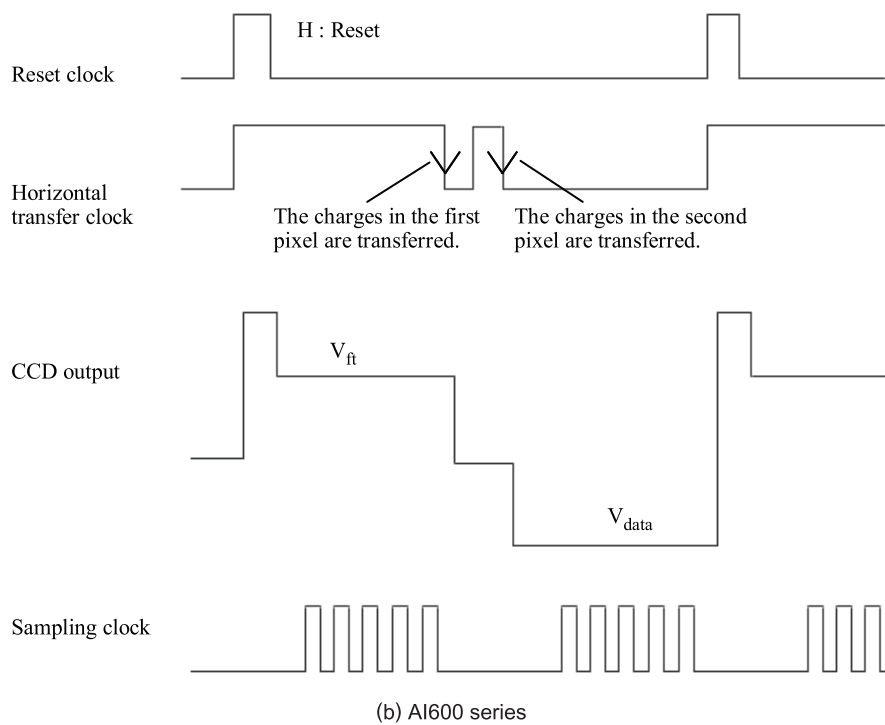
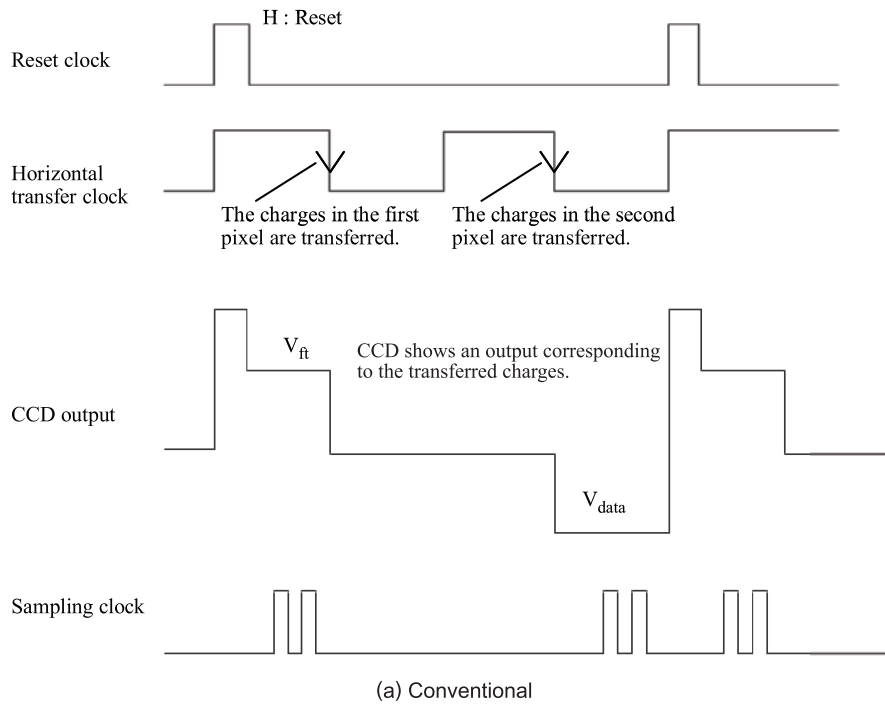


Fig. 6 CCD driving waveform and output signal (horizontal 2 pixel binning).

号が転送され、CCD出力信号は2画素分の電位 (V_{data}) となる。ここで、 V_{data} と V_{ft} の電位差はビニングした2画素に照射された光量に比例する。

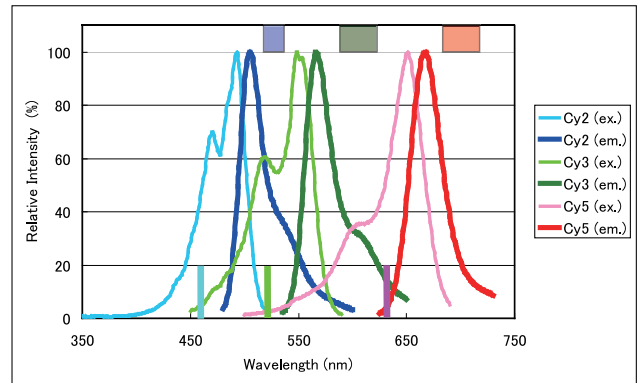
V_{data} および V_{ft} の電位をAD変換する際、複数回のサンプリング（オーバーサンプリング）を行い、平均値を算出することで読み出しノイズを低減することができる。AI600シリー

ズでは、1画素目の転送完了から2画素目の転送完了までの時間を短くし、 V_{data} および V_{ft} の期間を延ばすことで、サンプリング回数を増やし、読み出しノイズを低減した。さらにCCD駆動電圧の最適化も実施することにより、CCD駆動方法の改良前と比較して読み出しノイズを60%低減した。

3.2 励起フィルタと蛍光フィルタの分光最適化

蛍光色素Cyシリーズの励起スペクトルと蛍光スペクトルをFig. 7に示した。Cy2とCy3が共存するサンプルに例えば500nmの光を照射した場合、Cy2とCy3の双方が励起されるため、Cy2蛍光を検出するときにCy3蛍光が混入（クロストーク）すると、正確な蛍光検出ができない。

AI600シリーズ（RGBタイプ）では、多重蛍光撮影機能（4.3に詳述）を備えており、Cy色素（Cy2, Cy3, Cy5）に適合した、460nm落射LED光源とCy2用蛍光フィルタ（525BP20）、520nm落射LED光源とCy3用蛍光フィルタ（605BP40）、630nm落射LED光源とCy5用蛍光フィルタ（705BP40）の組み合わせが用意されている。その励起光源の主波長と蛍光フィルタの透過波長範囲をFig. 7に重ねて表示した。Cy3検出のための520nm落射LED光源は、Cy2の励起スペクトルにほとんど重ならず、Cy3を励起でき、Cy3用蛍光フィルタの透過帯は、Cy2蛍光スペクトルの影響をほとんど受けずにCy3蛍光を検出できる波長域となるように設計されている。Cy3検出、Cy5検出も同様のコンセプトで設計されている。このように、AI600シリーズは最適化された励起光源と蛍光フィルタの組み合わせにより、クロストークの少ない蛍光検出ができる。



525BP20 605BP40 705BP40
 460 nm Epi LED 520 nm Epi LED 630 nm Epi LED

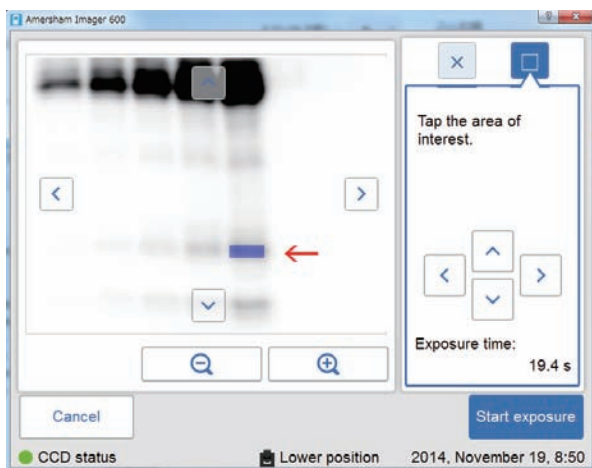
Fig. 7 Spectral characteristics: Excitation (ex.) and fluorescence emission spectra (em.) of Cy dyes, and dominant wavelengths of the excitation light sources and emission filters of the AI600 series.

4. 多機能化

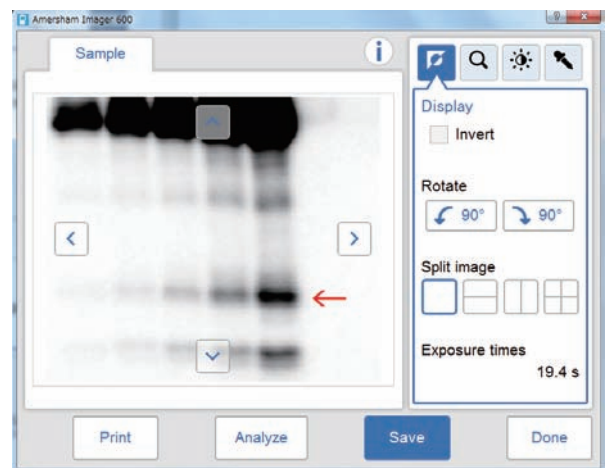
4.1 セミオート露出機能

従来のLAS 4000シリーズで提供していたオート露出機能は、画像全体の最大発光部分が最適な濃度になるように、露出を自動的に設定して撮影するものである。一方で、目的バンドが必ずしも最大発光部分になるとは限らないため、発光の小さいバンドであっても、そのバンドが最適な濃度になる

ように撮影したいという要望があった。これに応えるために、AI600シリーズではセミオート露出機能を搭載し、Fig. 8のように画像が表示された画面上で目的バンドの領域をユーザが指定することで、そのバンドに最適な露出を自動的に設定して撮影できるようにした。

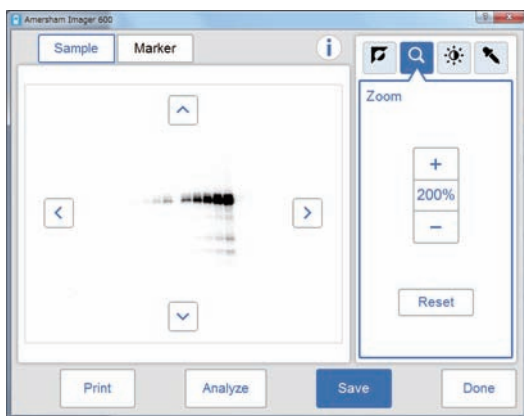


(a) User can select an interesting band on the screen (blue square section)

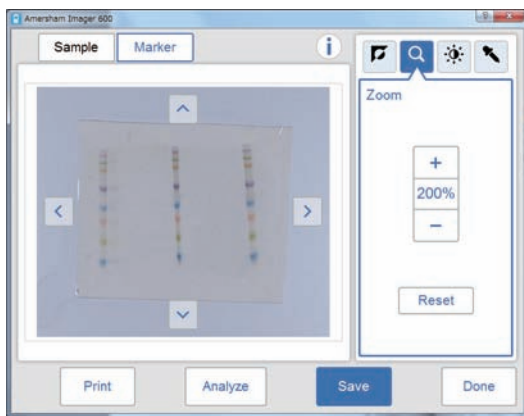


(b) Exposure is optimized for that band

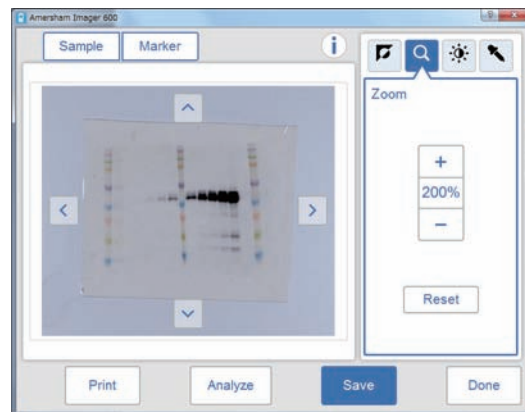
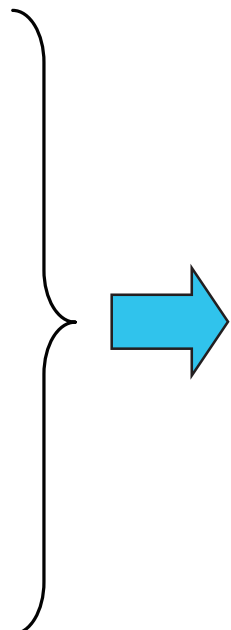
Fig. 8 Semi-automatic exposure screen.



(a) Chemiluminescence or fluorescence image (grayscale)



(b) Color molecular weight marker image (color)



(c) Overlay image (color)

Fig. 9 Overlay image display

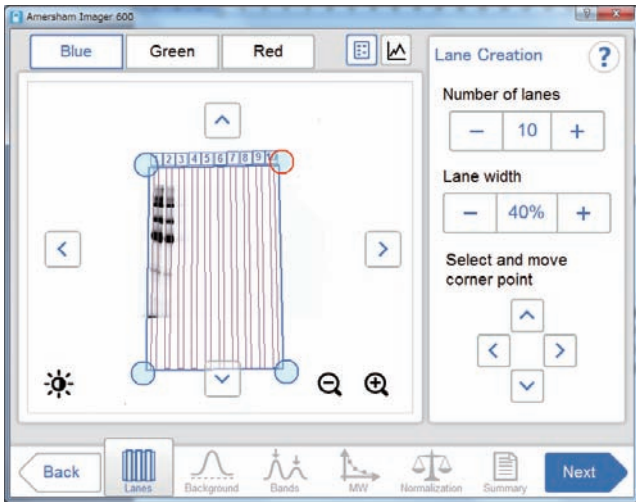
4.2 カラー撮影と重ね合わせ機能

LAS 4000シリーズでは、グレースケール用のCCDをそのまま用いていたため、可視染色されたバンドやレインボーマーカーのようなカラー分子量マーカーの色をカラーで再現できなかった。AI600シリーズでは、可視検出用の白色光源としてR/G/Bを独立に点灯制御することができる落射LEDと透過光源（QC/RGBタイプのみ）を搭載しているため、R/G/Bを順次に点灯して撮影すればグレースケール用のCCDを用いてもカラー撮影が可能であり、ゲルやメンブレンの可視光カラー画像を再現できる。

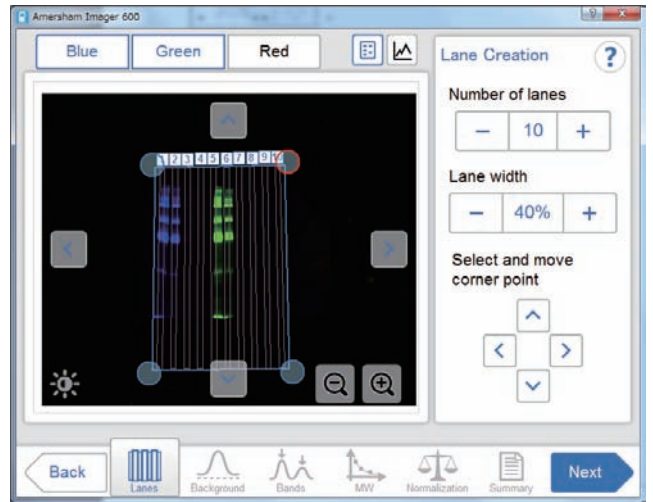
さらに、可視光カラー画像と化学発光・蛍光のグレースケール画像を重ね合わせた画像を表示・保存する機能を搭載した。これにより表示画面上でカラー分子量マーカーの色を確認することにより、目的とするバンドの分子量を目視で簡単に推定できる（Fig. 9）。

4.3 多重蛍光撮影の実現

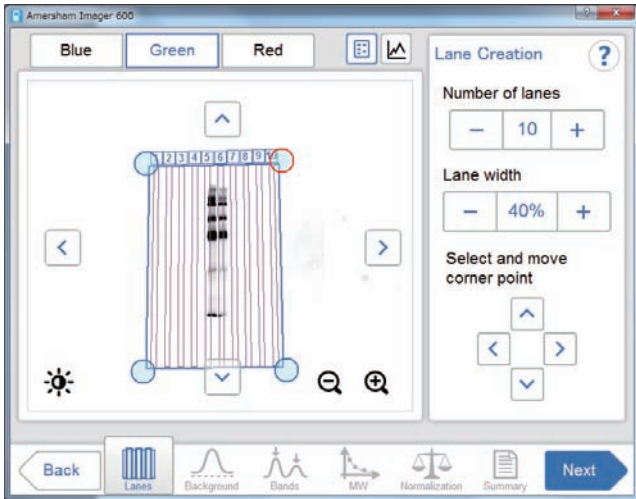
複数の蛍光試薬を使用した多重蛍光サンプルを蛍光撮影するには、それぞれの蛍光試薬に応じて蛍光用励起光源と蛍光フィルタの組み合わせを変えて蛍光撮影する必要がある。従来のLAS 4000シリーズでは、異なる単色蛍光撮影の操作を複数回行ってから、複数色の画像データを別の解析ソフトで個々に解析し、必要に応じて重ね合わせ画像を解析ソフト上で作成して解析していた。AI600シリーズ（RGBタイプ）では、1回の撮影操作で複数の異なる蛍光撮影を自動で行い、多重蛍光画像データを自動で取得する機能を実現している。また、複数色の画像データセットを一括で処理することができるので、多重蛍光画像を重ね合わせた状態のまま画像の確認・解析が可能である（Fig. 10）。



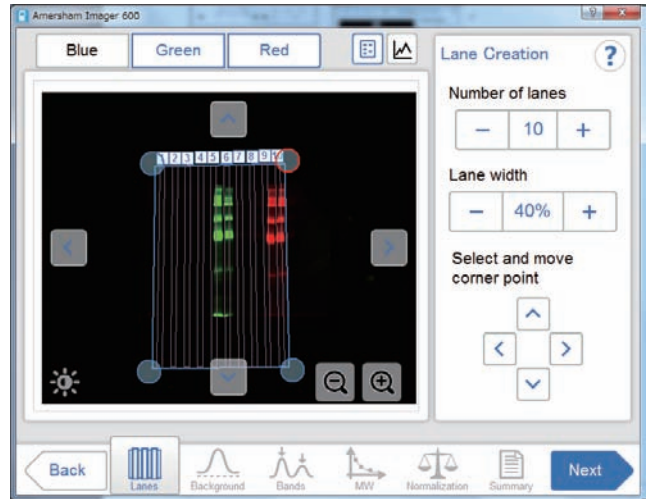
Blue



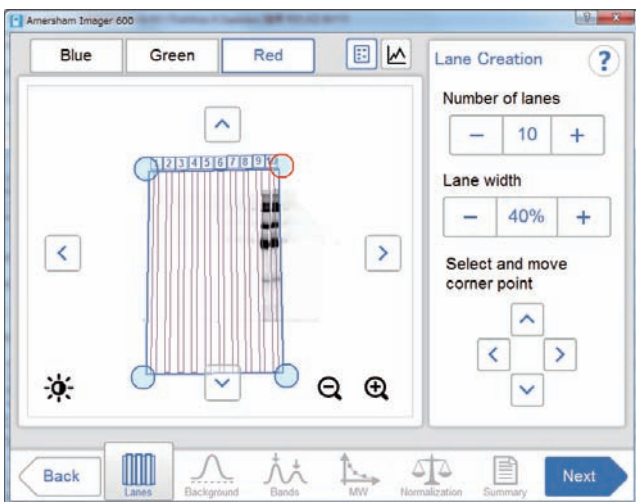
Blue and Green



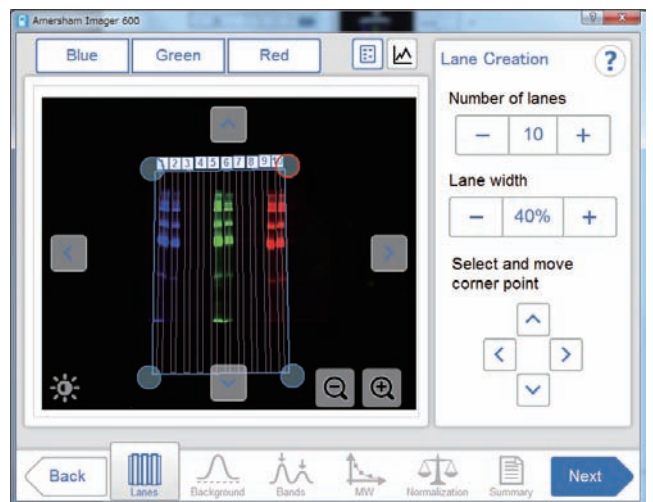
Green



Green and Red



Red



Blue, Green and Red

(a) Analysis screens of one-colored display

(b) Analysis screens of multi-colored display

Fig. 10 Multiplex fluorescence image display.

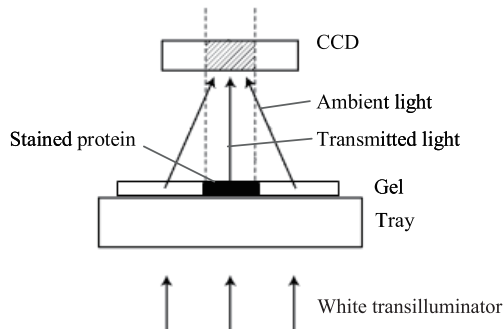


Fig. 11 Schematic view of optical density measurement.

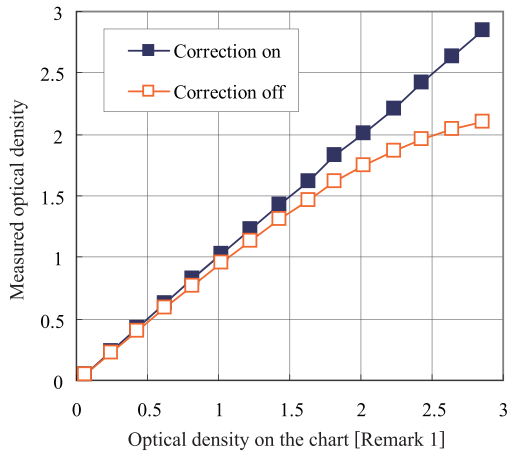


Fig. 12 Relationship between the optical density on the chart [Remark 1] and measured optical density.

4.4 光学濃度測定機能

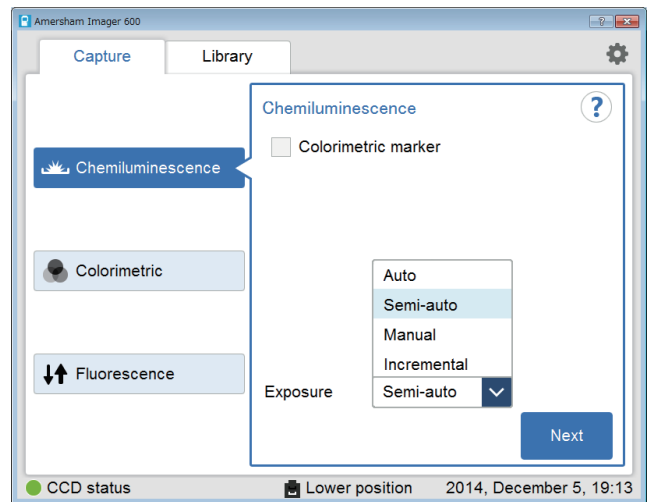
AI600シリーズ (QC/RGBタイプ) では、可視染色されたタンパク質の濃度を、高感度かつ簡便に光学濃度として定量的に測定できる。ここでは、定量性を高めるための補正方法について説明する。

染色されたタンパク質を撮像して得られた検出信号には、タンパク質を透過した光成分 (測定したい透過光) と、タンパク質の周囲のゲルを透過した光の回り込み成分 (周囲光) が含まれる (Fig. 11)。ここで、タンパク質の濃度が高いほど、検出信号量に占める周囲光の比率は大きくなり、タンパク質の濃度を低めに測定してしまうことが課題であった。この課題を解決するため、周囲光の影響を予め測定しておき、検出信号から取り除く周囲光補正を採用した。これにより、光学濃度の高い領域まで精度よくタンパク質の濃度を測定できるシステムを実現している (Fig. 12)。

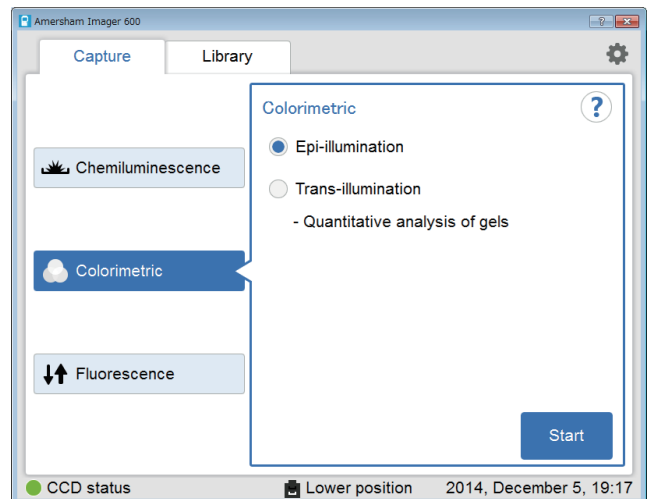
5. 使いやすさ

5.1 直感的なデザインのGUI

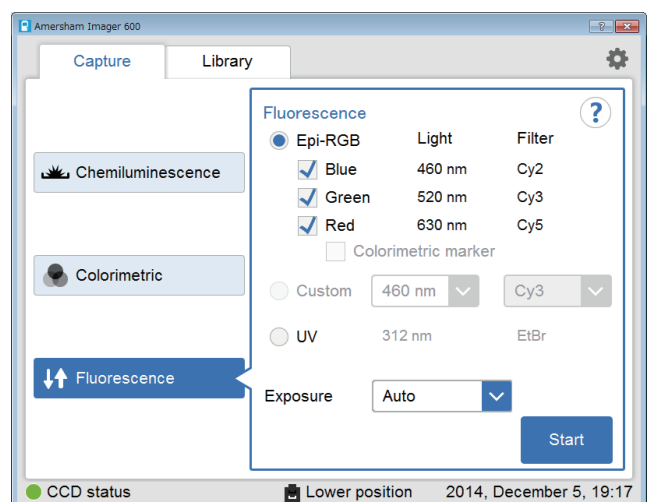
AI600シリーズでは装置をはじめて使うユーザであっても、撮影・解析・保存までの一連のワークフローを簡単に操作できるようにするために、直感的でわかりやすいGUI (グラフィカルユーザインタフェース) を搭載している。例えば、Fig. 13に示すように検出手法を化学発光検出、可視検出、蛍光検出としてまとめ、それぞれの検出手法の中で露出モー



(a) Chemiluminescence



(b) Colorimetric



(c) Fluorescence

Fig. 13 Capture screens.

Table 2 Analytical functions

Function	Feature of AI600 series
Lane creation	Lane position, Number of lanes, and Lane width setting available
Background subtraction	Rolling ball/Rubber band/Minimum profile selectable
Band detection	Accurate auto band detection with unique algorithm
Molecular weight assignment	Linear-log/Cubic spline selectable
Normalization	Standard band for each lane setting available
Display, save, and print of analysis result	CSV file output available

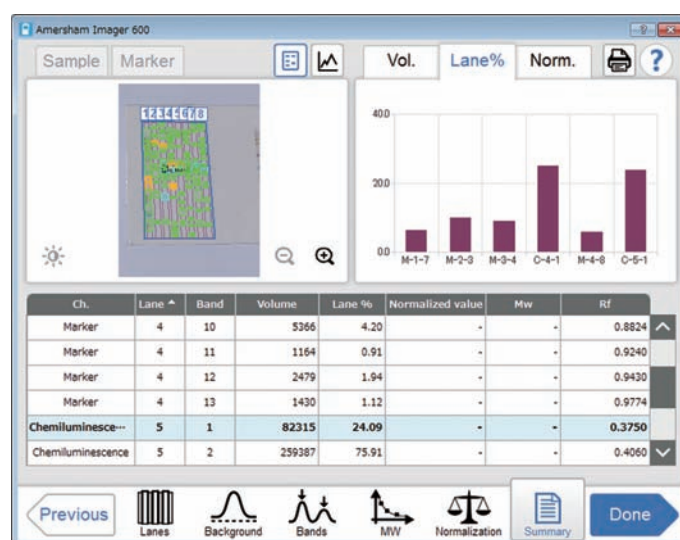


Fig. 14 Analysis summary screen:
Upper left: Image or profile; Upper right: Graphs; Middle: Columns; Lower: Analysis workflow buttons

ド（オートやセミオート等）や光源などの詳細設定が行えるようにしている。また、NextボタンやStartボタンなどの次の操作に移るためのボタンは、画面下部に大きい青色ボタンで統一し、ユーザをナビゲートするようなデザインとなっている。

5.2 解析機能の搭載

LAS 4000シリーズでは、解析機能は別のソフトで提供されていたが、AI600シリーズではTable 2に示した解析機能が装置上に搭載されている。このため、ユーザはサンプル撮影して画像確認した後に、装置上でシームレスに画像解析を行うことができる。解析画面では下段に並ぶボタンを左から右に順次押していくことで解析ワークフローを進められる。目的とするバンドの解析が終了すると、Fig. 14のように解析結果がサマリー画面に表示されるので、解析結果をすぐに確認することができる。また解析結果は保存・印刷することが可能である。

6. まとめ

ImageQuant LAS 4000シリーズで性能・信頼性で実績のある大口径レンズとCCDをベースにし、より高画質化・多機能化・使いやすさを追求した、ライフサイエンス研究用の新世代CCDイメージャ Amersham Imager 600シリーズを開発した。Amersham Imager 600シリーズでは化学発光検出・可視検出・蛍光検出のさまざまなアプリケーションに対応できるように4つのタイプを用意し、光源ユニット等のモジュールを追加することにより、高機能タイプへのアップグレードが可能な構成とした。高画質化技術として、新しいCCD駆動方法によるノイズ低減、蛍光検出におけるフィルタ分光の最適化によるクロストーク低減を実現した。また多機能化として、見たいバンドを指定して最適な濃度で撮影できるセミオート露出機能、バンドの分子量をカラー分子量マーカーとの目視比較により簡単に推定できるカラー画像の重ね合わせ機能、複数の蛍光試薬による画像を自動的に重ね合わ

せて評価できる多重蛍光撮影機能，およびバンドのタンパク質濃度を定量するための光学濃度測定機能を搭載した。さらに使いやすさを高めるため，撮影・解析・保存までの一連のワークフローを簡単に操作できるようにする直感的なGUIと，撮影した画像を装置上でシームレスに解析できるようにするための解析機能を搭載した。

参考文献

- 1) 伊神盛志. 新しいライフサイエンス解析システム ルミノイメージアナライザ LAS-3000 multi colorの開発. FUJIFILM Research & Development. 2005, no.50, p.39-44.
- 2) “富士フイルム・GEヘルスケア バイオサイエンス研究支援事業におけるグローバル提携について”. 富士フイルム ニュースリリース. 2009-05-28. http://www.fujifilm.co.jp/corporate/news/articleffnr_0292.html, (accessed 2014-12-05).
“FUJIFILM and GE Healthcare form Strategic Alliance in Life Sciences Global alliance in biomolecular imaging”. FUJIFILM News. 2009-05-28. <http://www.fujifilm.com/news/n090528.html>, (accessed 2014-12-05).

商標について

- ・本論文中で使われている会社名，システム・製品名は，一般に各社の商標または登録商標です。

新画像処理「Virtual Grid（バーチャルグリッド）技術」の開発： X線検査の画質と作業性の向上

川村 隆浩*, 内藤 慧*, 岡野 佳代*, 山田 雅彦*

Improvement in Image Quality and Workflow of X-Ray Examinations using a New Image Processing Method, “Virtual Grid Technology”

Takahiro KAWAMURA*, Satoshi NAITO*, Kayo OKANO*, and Masahiko YAMADA*

Abstract

We have developed a new image processing method, called Virtual Grid Technology, to improve the quality of images that have been degraded by scatter radiation from a subject. This technology provides improved image quality in bedside or emergency radiography without an anti-scatter grid. Conventionally, grids have been commonly used to reduce the influence of scattered radiation. However, images are often exposed without a grid in mobile examinations because of positioning difficulties, which results in images with low contrast. Our novel Virtual Grid uses an image exposed without a grid to calculate the scattered radiation components of a subject and improves the contrast and granularity, resulting in an image with high quality close to exposed with a grid. This technology solves the problem of artifacts caused by grid misalignment and allows a more efficient radiographic workflow. In this report, we provide an outline of Virtual Grid Technology and explain its usefulness through experimental results.

1. はじめに

単純X線の分野で進んでいるX線撮影装置のDR（Digital Radiography）化は、移動型X線撮影装置にまでおよび、入院患者のベッドサイドやNICU（新生児集中治療室）でのポータブル撮影にまで拡がりつつある。当社は、ポータブル撮影画像の高画質化とDRの即時性を活かした業務効率化を目指し、カセット型デジタルX線画像診断装置「FUJIFILM CALNEO flex」を2011年に発売した。

X線の散乱線を除去するグリッド（鉛格子からなる金属製フィルタ）は画像のコントラストを改善する効果があり、広

く臨床利用されている。しかし、X線がグリッドに対して斜めに入射すると、グリッドを透過するX線量に部分的な差が生じ、濃度ムラとなる。特にベッドの沈み込み等によりグリッドが斜めになることが多いポータブル撮影では、Fig. 1 (a)に示すような濃度ムラが、病状による濃度の変化と区別がつかず、読影の妨げになることがある。このため、Fig. 1 (b)に示すような散乱線による画質低下を許容し、グリッドを使用せずに撮影することを選択する施設もある。

Virtual Grid技術は、散乱線の影響で画質が低下した画像Fig. 1 (b)から、散乱線による画質劣化の影響を除去することでFig. 1 (c)に示す画像に変換する画像技術である。

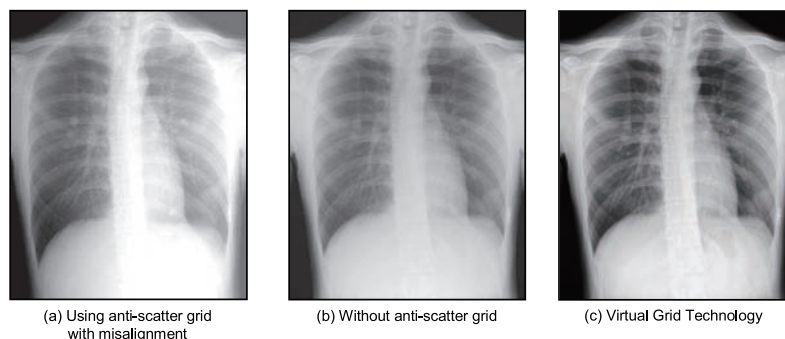


Fig. 1 Efficacy of Virtual Grid

本誌投稿論文（受理2014年12月19日）

*富士フイルム（株）R & D統括本部
画像技術センター

〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798

*Imaging Technology Center

Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation

Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa
258-8538, Japan

2. Virtual Grid (バーチャルグリッド) 技術

2.1 散乱線の特徴

被写体に照射されたX線は、Fig. 2に示すように、被写体内を直進して解剖学的構造によるX線吸収として描出される一次線と、被写体内で方向を変えながら進む散乱線に大別される。散乱線は、照射されたX線のエネルギー（線質）、被写体の厚さ、物質（骨、筋肉、脂肪）等、さまざまな条件に応じて変化する。散乱線の発生量は、被写体の物質とX線照射野の大きさを一定とすれば、被写体の厚さと照射されたX線のエネルギー（線質）に依存して変化することが知られている¹⁾。

X線検出器と同じ大きさになるようにX線照射野を設定した場合、被写体透過後の散乱線量と一次線量の比Scatter-to-Primary Ratio (STPR)をFig. 3に示す。被写体が厚いほどSTPRは増加し、解剖学的構造の描出に寄与しない散乱線の割合が多くなるため、画質が低下する。

2.2 Virtual Grid技術

Virtual Grid技術は、被写体内でのX線散乱により引き起こされる画像のコントラスト低下と粒状性低下の両方を改善するため、「コントラスト改善処理」と「粒状改善処理」から構成される (Fig. 4)。以下では、「コントラスト改善処理」を構成する「散乱線算出処理」と「グリッド効果算出処理」、および、「粒状改善処理」について説明する。

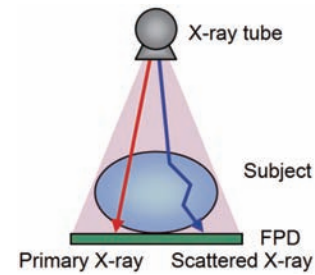
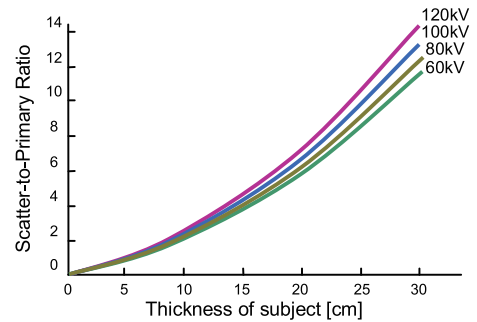


Fig. 2 Primary and scattered X-rays



Dose to detector: 2 mR fixed
(Exposure dose was adjusted for each thickness)

Fig. 3 STPR vs. Thickness of subject

2.2.1 散乱線算出処理

前節で説明したように、散乱線の影響は被写体の厚さに応じて変化するため、対象となる被写体の厚さを求めることで、散乱線量を推定する。被写体の厚さは、Fig. 5に例示したよ

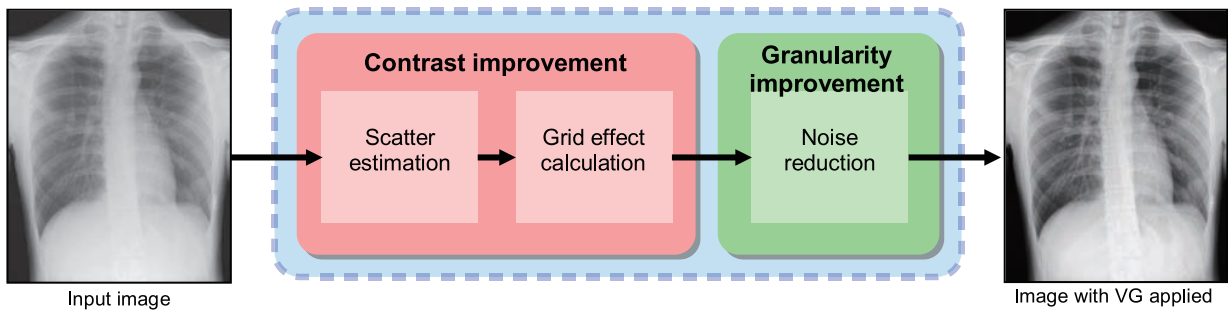


Fig. 4 Process flow of Virtual Grid Technology

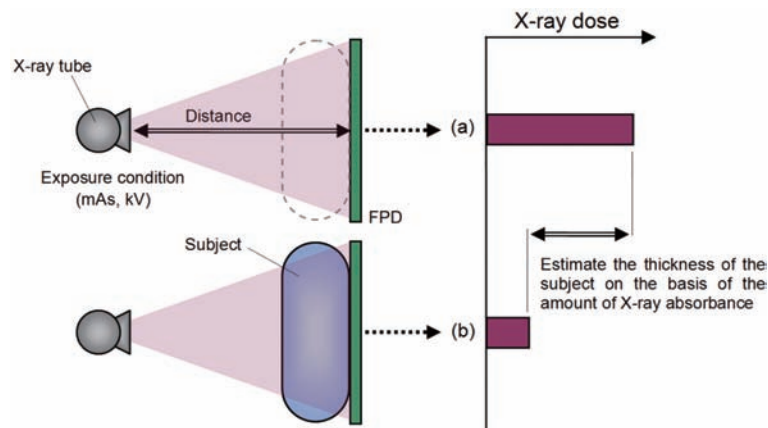


Fig. 5 Example method for estimating body thickness

うに、X線源から検出器までの距離、X線照射条件、検出器で検出されたX線量から推定できる。X線照射条件と、X線源から検出器までの距離を用いて、被写体が存在しなかった場合に検出器に到達するX線量 (a) を推定し、観測された画像の画素値より被写体透過直後のX線量 (b) を算出できる。(a)、(b) の値から被写体で吸収されたX線量を算出することにより、被写体の厚さを推定できる。

2.2.2 グリッド効果算出処理

グリッド透過後のX線量は、被写体透過直後のX線量がグリッドの一次線透過率と散乱線除去率に応じて減弱され、検出器にて観測される。Virtual Grid技術は、この作用を計算により模している。以下では、Fig. 6を用いてグリッド効果算出処理の概要を説明する。

被写体透過直後のX線に含まれる散乱線量は、前項で述べた散乱線算出処理により算出することができ、被写体透過直

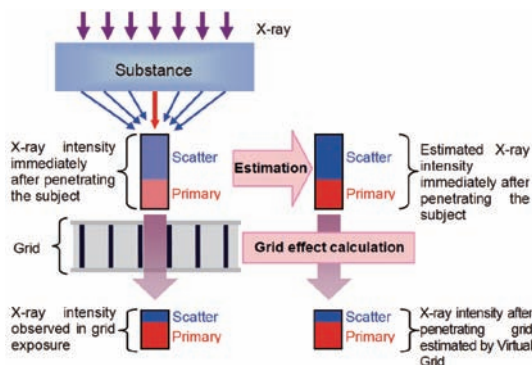


Fig. 6 Grid effect calculation

後のX線量は画像より観測することができるため、被写体透過直後のX線に含まれる一次線量は計算で求めることができる。グリッド効果算出処理では、推定された被写体透過直後の一次線量と散乱線量、および、グリッドの一次線透過率と散乱線除去率を用いて、グリッド透過後の一次線量と散乱線量をそれぞれ算出する。したがって、被写体透過直後の一次線量と散乱線量を正しく推定できれば、グリッド使用時と同じ印象の画像を計算により得ることができる。

2.2.3 粒状改善処理

検出器に到達したX線は、線や点等の構造を持つ一次線成分と、構造を持たない散乱線成分から成る。散乱線に含まれる構造を持たないX線は、画像中のX線量子ノイズを増加させる。粒状改善処理では「構造を持たないノイズ」成分を抽出し、低減することにより、画像の粒状性を改善する。

粒状改善処理の概要をFig. 7に示す。ノイズ成分を抽出するため、単純な点構造や直線構造のみでなく、十字やT字等の複雑な線構造も認識する。認識結果を用いて、構造が無い領域にフィルタを掛けてノイズ成分を低減する。また、構造がある領域にも、構造パターンに応じて異なる特性のフィルタを掛けることにより、点構造や線構造等に重なったノイズ成分も低減する。

胸部を撮影した臨床画像に対して粒状改善処理を適用した結果をFig. 8に示す。粒状改善処理を適用したFig. 8 (c) は、適用前のFig. 8 (a) と比較して、粒状性が大幅に改善していることがわかる。また、低減したノイズ成分であるFig. 8 (b) には被写体の構造を視認できないことから、粒状改善処理による信号成分の劣化は起きていないことがわかる。

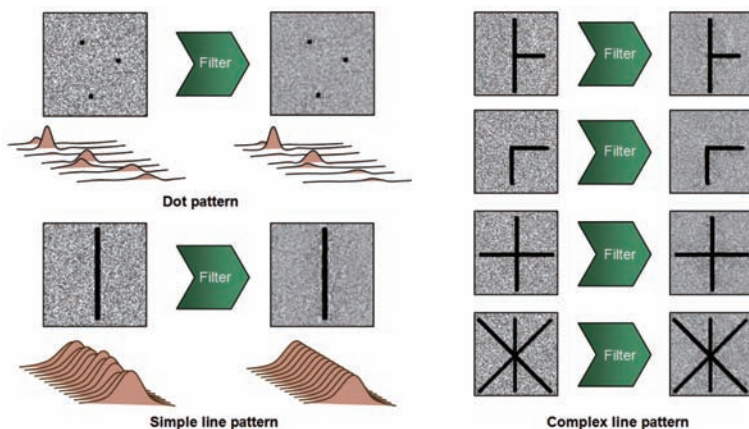


Fig. 7 Granularity improvement

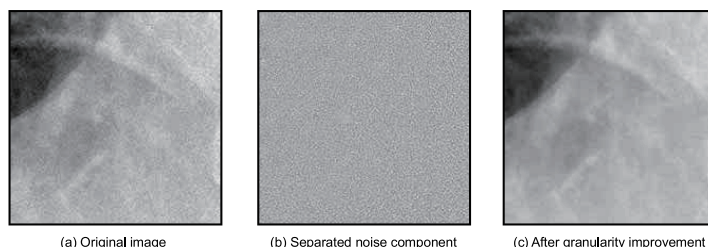


Fig. 8 Effect of granularity improvement (magnified)

3. 物理指標による定量評価 ※1

3.1 コントラスト

コントラストは、Fig. 9に示すように、厚さ1cmの亚克力製の物理ファントムを用いて計測した。さまざまな体型における被写体を模擬するため、物理ファントムを亚克力の散乱体で挟んで撮影した。物理ファントムのベース部分の平均濃度 (a) と空洞部分の平均濃度 (b) の差をコントラストと定義した。Fig. 10に計測結果を示す。グラフの横軸は、物理ファントムを挟んだ亚克力の合計の厚さを表しており、グラフの縦軸は、物理ファントムのコントラストを表している。Virtual Grid技術は、被写体の厚さに応じて異なる散乱線を算出し、グリッド撮影と同等にコントラストを改善する効果があることがわかる。

3.2 粒状度

亚克力製の物理ファントムを用いて、粒状度を計測した結果を、Fig. 11に示す。被写体の厚さ間での比較のため、撮影条件は被写体透過後の線量が一定 (5mR) となるように照射線量を設定した。グラフの横軸は、物理ファントムを挟む亚克力の厚さを表している。グラフの縦軸は、物理ファントムの画素値のRMS (Root Mean Square) 粒状度であり、値が高いほど、粒状が悪いことを表している。

Virtual Grid技術の粒状改善処理は、グリッド撮影された画像のRMS粒状度よりも小さい値となっていることから、高い粒状改善効果があることがわかる。

画質改善の効果は、コントラストと粒状度の比Contrast-to-Noise Ratio (CNR) として計算される。被写体の厚さと

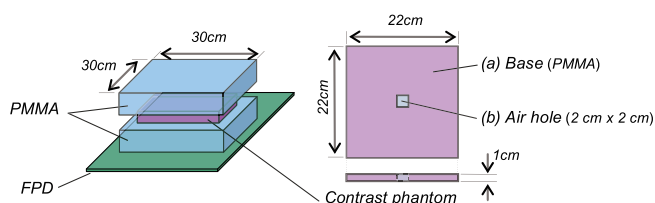
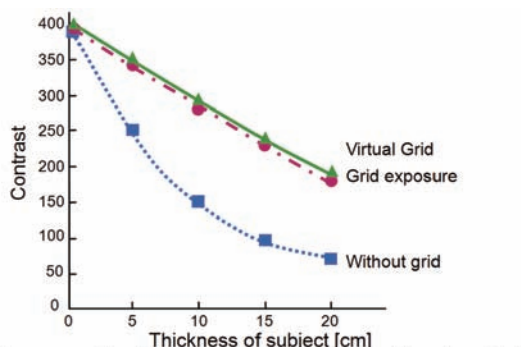


Fig. 9 Study condition using contrast phantom



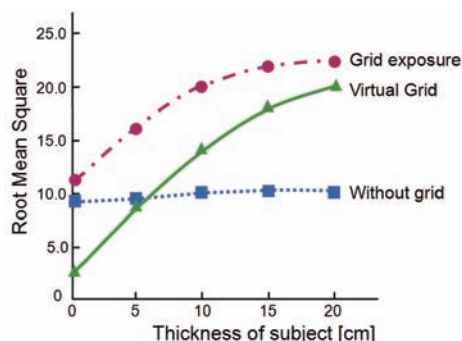
Exposure condition: Tube voltage 90kV, SID 100cm, dose through a subject (5mR), average of 10 samples
Grid: Ratio 8/1, AL, 40lines/cm

Fig. 10 Contrast improvement by Virtual Grid

CNRの関係性をFig. 12に示す。グリッドの有無でのCNRを比較すると、一次線が多くなる薄い領域では、グリッド無しのCNRが高くなるが、散乱線が多くなる厚い領域ではグリッド撮影のCNRが高くなり、厚い被写体ほどグリッドによる画質改善効果が高いことがわかる。Virtual Grid技術を適用した画像のCNRは、すべての厚さにおいて、グリッド有りで撮影された画像のCNRを上回っていることがわかる。

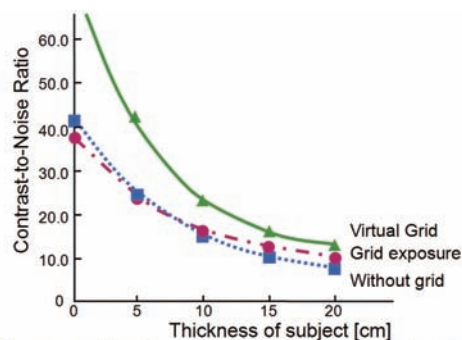
3.3 鮮鋭度

鮮鋭度は、厚さ1mmのタングステン製エッジを用いたエッジ法²⁾によってMTF (Modulation Transfer Function) を計測した。被写体内部にある構造の鮮鋭度を計測するため、Fig. 13に示すように、亚克力を散乱体としてエッジの前後に挟んだ配置で撮影した。グリッド撮影の際は、グリッドの格子パターンとエッジが直交するように配置した。また、



Exposure condition: Tube voltage 90kV, SID 100cm, dose through a subject (5mR), average of 10 samples
Grid: Ratio 8/1, AL, 40lines/cm

Fig. 11 Granularity improvement by Virtual Grid



Exposure condition: Tube voltage 90kV, SID 100cm, dose through a subject (5mR), average of 10 samples
Grid: Ratio 8/1, AL, 40lines/cm

Fig. 12 CNR improvement by Virtual Grid

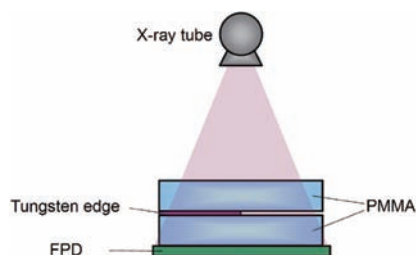


Fig. 13 Study condition for sharpness measurement

※1 物理計測に用いた散乱体は、人体とは異なる亚克力製であるため、この材料に合わせた物理パラメータを用いた。また、実験に用いたX線管球は、所定の撮影条件 (80kV 1mAs 100cm) において、検出器への到達線量が7.2mRとなるように校正したものをを用いた。使用装置は、FUJIFILM DR CALNEO C 1417である。

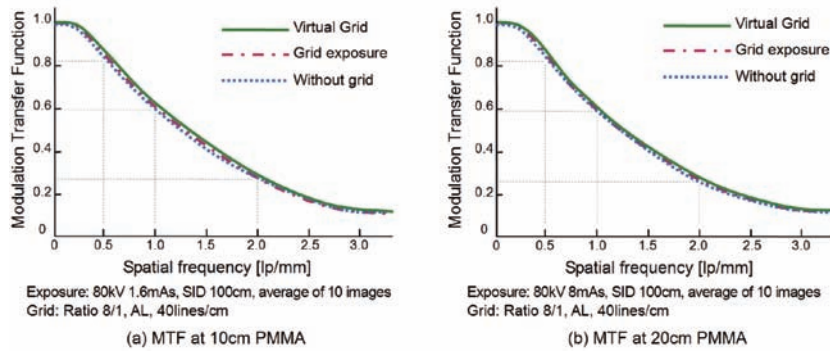


Fig. 14 Sharpness of Virtual Grid

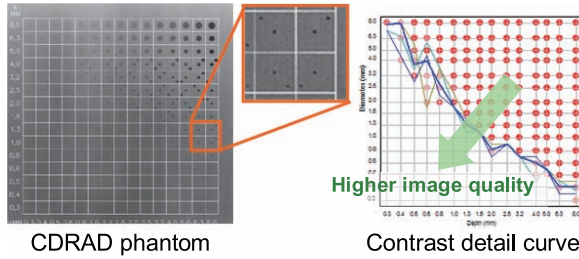


Fig. 15 Quantification of image quality by CDRAD phantom

$$IQF_{inv} = \frac{100}{\sum_{i=1}^{15} C_i D_{i,th}}$$

C: Depth of hole (Contrast)
D: Diameter of hole (Detail)

アクリルの厚さを変えることで、被写体の厚さを変えて鮮鋭度を計測した。Fig. 14に計測結果を示す。グラフの横軸は空間周波数を表している。グラフの縦軸はMTFであり、値が高いほど、鮮鋭度が高いことを表している。いずれの被写体の厚さにおいても、Virtual Grid技術を適用した画像の鮮鋭度は、未適用のものと同程度であった。また、被写体の厚さを増加させた場合においても、鮮鋭度はほぼ同等となり、散乱線による高周波の鮮鋭度低下は、ほとんど起きていないということがわかる。

3.4 信号検出能

Virtual Grid技術を適用した画像の信号検出能を、グリッド撮影画像と比較する。信号検出能はArtinis Medical社製CDRAD 2.0ファントムと同社解析ソフトV2.1を用いて自動算出した³⁾。Fig. 15に示すように、CDRADファントムはアクリル上にある格子内の中心と四隅のうちの一箇所に穴が空いており、一組の穴の直径と深さは格子毎に異なる。CDRADファントムによる評価では、すべての格子に対して穴の位置を解答することにより、視認限界を示すCD曲線を描き、画質定量指標である IQF_{inv} を算出するが、同社解

析ソフトを用いることで簡便に算出できる。次式で計算される IQF_{inv} は、コントラストや粒状性を含む総合画質を定量化した指標であり、 IQF_{inv} が高いほど画質が良く、小サイズの低コントラスト信号を描出できていることを意味する。

本実験では人体の撮影を想定し、Fig. 16に示すように、厚さ1cmのCDRADファントムに対して、厚さ5cmのアクリル板を前後に挟んだA条件（アクリル合計10cm）と、厚さ10cmのアクリル板を前後に挟んだB条件（アクリル合計20cm）とした。Fig. 17は、撮影線量と相対 IQF_{inv} との関係を示している。相対 IQF_{inv} は、A条件では3.6mAs、B条件では10mAsにおけるグリッド撮影時の IQF_{inv} が1となるように正規化した値である。Fig. 17より、グリッド未使用時の相対 IQF_{inv} はグリッド使用時に比べて低いことがわかり、散乱線により画質が低下していると考えられる。しかし、Virtual Grid技術を適用することにより、相対 IQF_{inv} がどの撮影線量

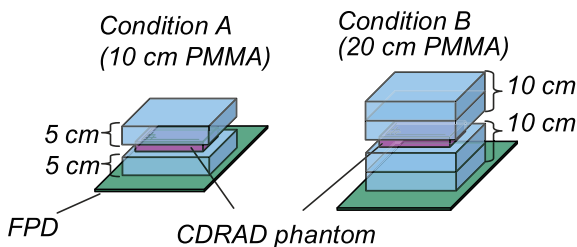


Fig. 16 Study conditions using CDRAD phantom

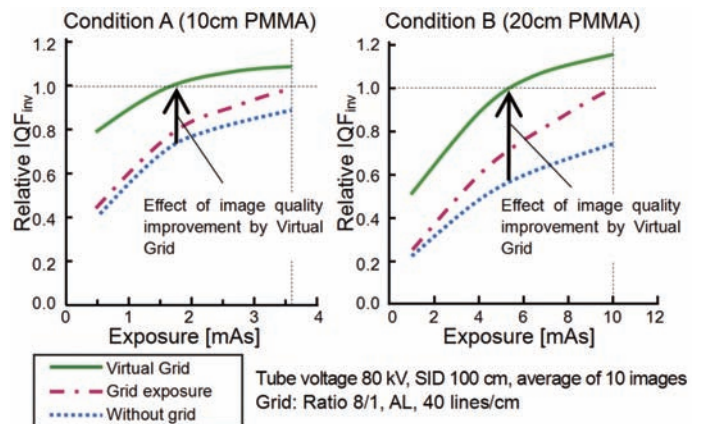


Fig. 17 Calculation results of IQF_{inv}

においてもグリッド使用時よりも高い値を示していることがわかる。アクリルの厚さを変えたA, B条件において上記を確認できることから、少なくともB条件までは、Virtual Grid技術による画質改善効果があるといえる。Fig. 18は、A条件の3.6mAsにおけるCD曲線である。グリッド未使用時と比較して、Virtual Grid技術を適用した画像は、より小サイズの低コントラスト信号を描出できており、粒状改善処理で信号の劣化を生じていないことが確認できる。また、A条件の3.6mAsにおけるCD曲線に対して、グリッド未使用撮影の撮影線量を1.8mAsとした場合のCD曲線をFig. 19に示す。低線量撮影された画像においても、Virtual Grid技術を適用することで、画質が改善していることがわかる。

4. 人体画像への適用結果

人体画像にVirtual Grid技術を適用した結果をFig. 20に示す。低線量撮影された画像にVirtual Grid技術を適用したFig. 20 (b)の画像は、グリッドを用いて撮影したFig. 20 (a)の画像と同程度のコントラストとなっている。拡大図の比較においても、肺血管、肋骨、心臓などの解剖構造のディテールはグリッド撮影画像と近い印象であり、Virtual Grid技術は鮮鋭度、粒状度の点でもグリッド撮影画像と近い画質であることが確認できる。

5. まとめ

今回開発したVirtual Grid技術の画質向上の原理を従来のグリッド法と比較して説明した。本技術を用いることで、散乱線に起因するコントラスト低下と粒状悪化を改善し、画質を向上できることを物理実験により検証した。本技術が広く利用され、画質向上とワークフロー改善に貢献することを期待すると共に、今後も医療の質の向上に繋がる技術開発に挑戦していく。

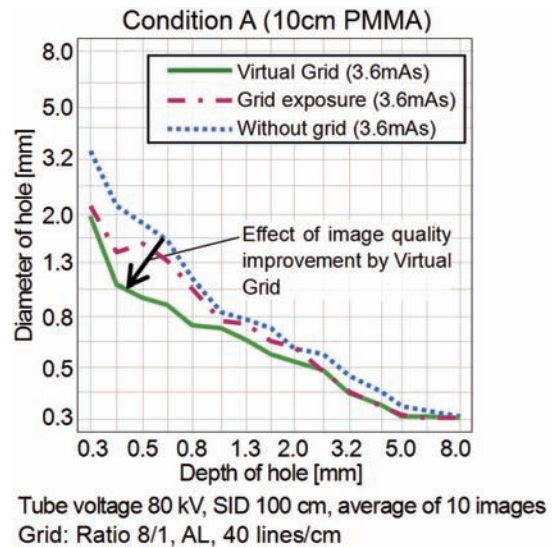


Fig. 18 Contrast detail curve (3.6 mAs)

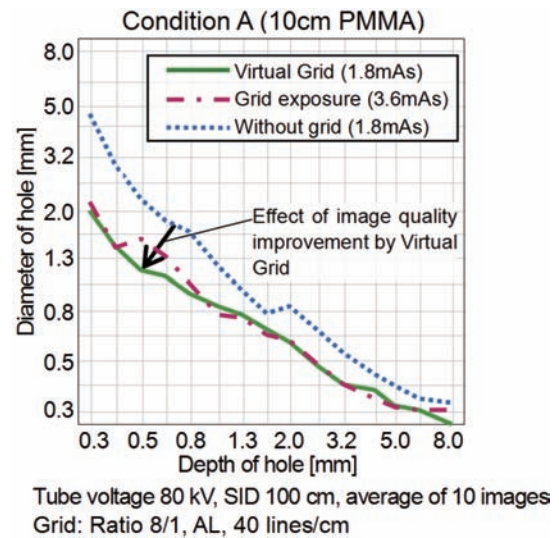


Fig. 19 Contrast detail curve (1.8 mAs)

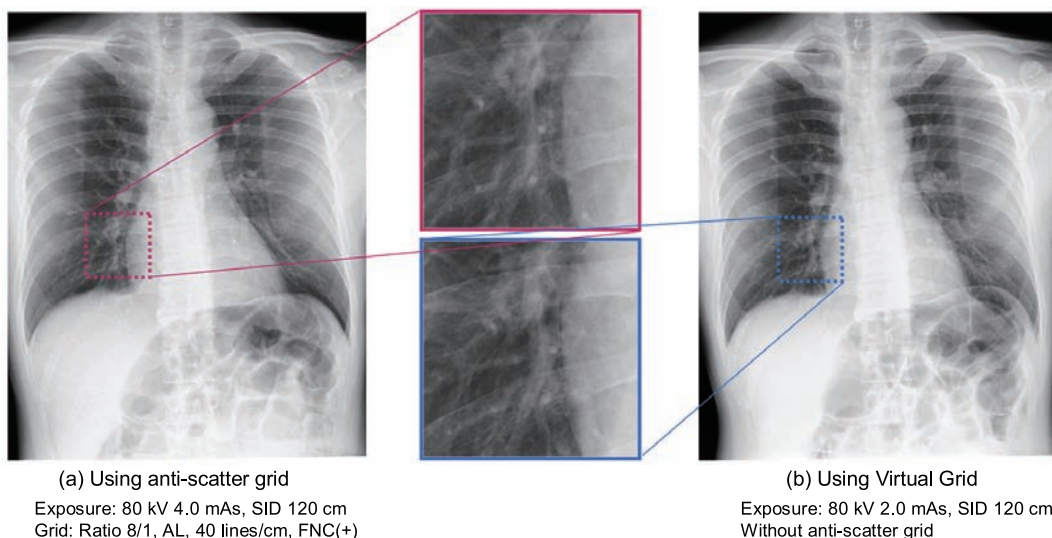


Fig. 20 Image comparison (anti-scatter grid vs. Virtual Grid)

参考文献

- 1) Bushberg, J. T.; Seibert, J. A.; Leidholt, E. M.; Boone, J. M. The Essential Physics of Medical Imaging. Williams & Wilkins, 1994, 742p.
- 2) Samei, E.; Flynn, M. J.; Reimann, David A. A method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using an edge test device. Medical Physics. 1998, 25(1), p.102-113.
- 3) Pascoal, A.; Lawinski, C. P.; Honey, I.; Blake, P. Evaluation of a software package for automated quality assessment of contrast detail images-comparison with subjective visual assessment. Physics in Medicine and Biology. 2005, 50(23), 5743.

商標について

- 本文中にある「FUJIFILM」, 「CALNEO」, 「Virtual Grid」は富士フイルム(株)の登録商標です。
- その他, 本論文で使われている会社名, システム・製品名は, 一般に各社の商標または登録商標です。

CT画像を用いた肺の呼吸機能の定量化

橋本 剛幸*, 王 彩華**, 榎本 潤*

Quantification of the Respiratory Activity of the Lung using CT Images

Takayuki HASHIMOTO*, Caihua WANG**, and Jun MASUMOTO*

Abstract

We have developed a system to analyze the respiratory activity of the lung using CT images. This analysis includes functions to automatically extract the lung region from several phases of chest CT images, register the different respiratory phases, and obtain a motion vector field. This enables an overlay display of the low attenuation areas, the quantification of the expansion rate of the lung, and the measurement of local movement. With these functions, we can visualize the local respiratory activity, which was previously difficult to observe. Using this system, we hope to obtain indicators that are effective for studying the areas from which respiratory diseases originate, their severity, and their causes.

1. はじめに

近年、CT (Computed Tomography) やMR (Magnetic Resonance) などの撮像装置の普及やその撮影技術の向上、および画像診断ネットワークシステム (Picture Archiving and Communication System) の院内インフラ化が進み、放射線科のみならず、外科や内科といった臨床科でも3次元医用画像が利用されつつある。

このような環境下において、富士フイルム (株) では、従来から培ってきた高度な画像処理技術を応用して、2008年に3次元画像診断ワークステーション「SYNAPSE VINCENT (シナプス ヴィンセント) *1」を発売した。本製品の特徴としては、画像診断を行う放射線科向けに読影をサポートするさまざまな解析機能を提供するだけでなく、治療を行う外科分野において、3次元医用画像を用いた手術シミュレーション機能も提供しており、特に肝臓の部分切除術シミュレーションにおいては実際の臨床現場で広く利用されている。また近年では、呼吸器分野においても、肺のCT画像を用いて疾患 (癌、慢性肺疾患、肺気腫等) の診断を支援する機能や、造影した肺のCT画像から肺動脈・肺静脈・気管支

などの自動抽出技術を利用して手術シミュレーションを行う機能も提供している。

一方で、内科的な呼吸器の機能診断には、呼吸運動による肺の換気能力の把握が重要なファクターであり、肺内部の疾患の部位を特定するだけでなく、その重症度や要因も特定するような診断方法が研究されている。

本報告では、呼吸機能の新しい画像診断方法になる可能性を秘めた、CT画像を用いた肺の動態解析機能について報告する。

2. 従来の呼吸機能の診断方法

現在、呼吸器内科の分野においては、慢性閉塞性肺疾患 (Chronic Obstructive Pulmonary Diseases, COPD) ¹⁾ を始めとして、肺塞栓、間質性肺炎など多数の疾患があり、診断には専門的かつ深い知識が必要になる。なかでもCOPDは世界的にトップレベルの死亡原因であり、罹患数は増加傾向^{2) 3)}にある。このCOPDを例に挙げると、肺胞の崩壊による肺気腫や、気道の閉塞による慢性気管支炎といったように、要因によって疾患は詳細に分類される。さらにこれらが複合

*1 SYNAPSE VINCENTは、富士画像診断ワークステーション FN-7941型 (薬事認証番号 22000BZX00238000) の製品名称。

本誌投稿論文 (受理2014年11月27日)

*富士フイルム (株) R & D統括本部
メディカルシステム開発センター
〒106-8620 東京都港区西麻布2-26-30

*Medical System Research & Development Center
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation
Nishiazabu, Minato-ku, Tokyo
106-8620, Japan

**富士フイルム (株) R & D統括本部
画像技術センター
〒106-8620 東京都港区西麻布2-26-30

**Imaging Technology Center
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation
Nishiazabu, Minato-ku, Tokyo
106-8620, Japan

的に影響している場合もあり、正確な診断は容易ではない。
現在の肺の呼吸機能の診断方法を以下に示す。

2.1 呼吸機能検査（スパイロメトリー）

現在の呼吸機能診断におけるデファクトスタンダードと呼べる検査であり、患者に実際に息を大きく吸って吐くという一連の呼吸動作を行ってもらい診断する。この方法では、肺全体の呼吸機能について一定の評価を行うことが可能であるが、肺のどの部分の呼吸機能が落ちているかどうかまでは特定できない。

2.2 CT画像（吸気肺）による診断

胸部のCT画像を用い、肺野内の信号値の分布をもとに診断する。一般的に、肺胞がつぶれて空気のみで充填している部分は信号値が低く、呼吸機能が低下している部分と考えられるため、この領域の分布状況を把握することで肺機能を診断することができる。この方法では、疾患が現れている部位や一部の重症度を診断することはできるが、その要因まで特定することは困難である。

2.3 SPECT画像による診断

^{81m}Krや¹³³Xeといった放射性同位体（Radio Isotope, RI）を吸引し、これらのガスが肺胞内に留まる様子を撮像した画像（SPECT画像）をもとに診断する。この画像は分解能が低く、肺内部の換気状況を大まかに把握することができるが、他の診断に比べて、鑑別の難易度が高く検査時間も長い。

3. 肺の動態解析の仕組み

今回提案する手法は、呼吸運動における複数フェーズのCT画像を利用して、肺の動態そのものを解析することで、短時間でかつ従来よりも詳細な診断を可能にするというものである。

複数フェーズのCT画像に対して、解剖学的な知見（肺の形状、気管支の位置等）を取り入れた上で画像間の位置合わせを高精度に行い、肺の詳細な変形情報を観察することで呼吸運動による肺の換気能力の診断を支援する。

3.1 位置合わせ技術

肺の各部位における換気機能を算出するためには、まず最大吸気と安静時呼気のCT画像に写っている肺の詳細な解剖構造の動きを正確に計算しなければならない。この計算において、従来の位置合わせ手法^{4) 5)}に対して、今まで培ってきた画像処理技術を応用した新しい非剛体位置合わせ手法を開発した。最大吸気CT画像と安静時呼気CT画像の一方を参照画像（Fixed画像）とし、もう一方の画像を対象画像（Moving画像）として、対象画像に非線形変形（Transform）を加えながら変形して、これら参照画像と対象画像の間の類似度（Metric）を計算する。これを繰り返しながら、変形後の対象画像と参照画像の間の類似度が最も高くなる変形を求め、参照画像と対象画像の間の最適変形とする（Fig. 1）。計算された最適変形から参照画像と対象画像の間のすべての画素（ボクセル）の対応関係が得られ、その対応関係から肺の任意の部位の最大吸気と安静時呼気間の動きを計算することが可能となる。

3.2 位置合わせ結果の可視化

本システムでは位置合わせの結果をもとにして、各画素の対応付けを行い、画像間の信号値の差分を可視化することで位置合わせの精度を確認することができる。血管や気管支と肺野は信号値が大きく異なるため、位置合わせのずれは差分画像に明確な濃淡の差として表れる。結果として、差分画像内で濃淡の差がない平坦な画像ほど、正確に位置合わせが行われており、正常であることを示している。

Fig. 2に差分画像の結果を示す。(a)は吸気画像から呼気画像の信号値をそのまま引いた差分画像であり、(b)は吸気画像から自動で位置合わせした呼気画像の信号値を引いた差分画像である。(a)では肺野や血管のずれが濃い白と黒で描出されている。一方で、(b)では肺野が平坦な同一色で表示されており、また血管や気管支は輪郭部分に濃淡差が検出されエッジとなっているが、これは呼吸動作による肺野の圧力の違いにより、それぞれの組織が収縮しているためで、各脈管の両端に同じようにエッジが検出されていれば、中心線の位置が正しく合っていることを示している（Fig. 3）。

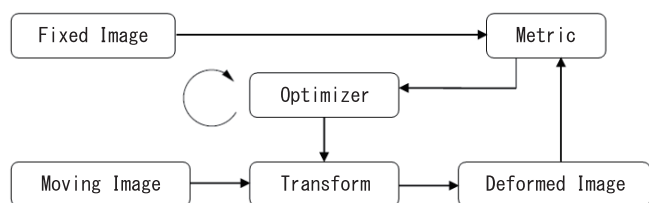


Fig. 1 Mechanism for the registration of the images

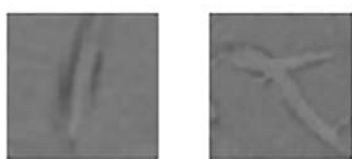


Fig. 3 Difference image

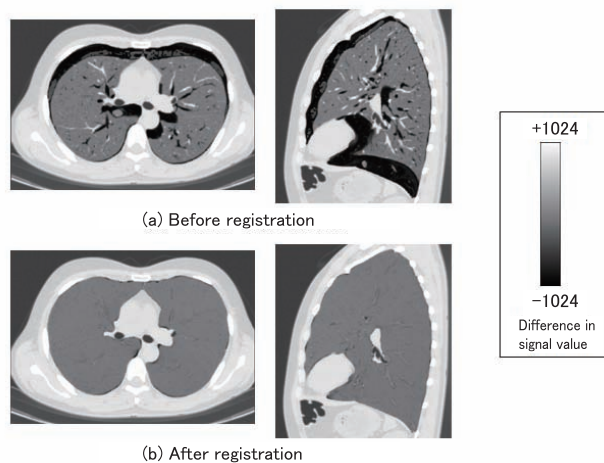


Fig. 2 Difference image

また、位置合わせの自動計算の結果に、仮に解剖構造の観点からずれが生じていた場合は、双方の画像において解剖構造上同じである特徴的な位置を手動で指定し、再度位置合わせを実施することで、より高い精度の結果を得ることができる。

4. 肺の呼吸動作の定量化

呼吸機能の評価では2つの観点があり、1つは生理学的に肺胞を介して肺野と血管とで空気の循環を行えているか、もう1つは肺野内の空気自体が入れ替わっているかということである。

位置合わせの結果から得た画像間の対応関係をもとにして、画素レベルで信号値の変化や移動（動き）などを計算することで呼吸機能を定量化し可視化する。

4.1 低吸収域表示

肺の疾患が気腫性のものであれば、吸気画像において正常な肺野と比べて画像の信号値が低い低吸収域（Low Attenuation Area, LAA）が現れるようになる。これを定量的かつ詳細に診断するために、肺野に対するLAAの割合（LAA%）を計測したり、重症度を診断するためのGoddard分類や、進捗や領域を特定するためのクラスター解析⁶⁾といった技術がある。一方で、呼気画像における低吸収域は、細気管支の狭窄によって肺野内部の空気が滞留する現象（Air Trapping）として描出され、末梢の気道病変に由来するものと考えられており、こちらは気道の内径および外径から狭窄の割合などを解析する技術がある。

このように、撮影フェーズの異なる画像からは、異なった所見を観察することができるが、さらに吸気画像と呼気画像のそれぞれの低吸収域の組み合わせが、COPDの疾患の分類に役立てられるという研究報告⁷⁾もある。

そこで、本システムでは位置合わせの結果を利用して、吸

気画像と呼気画像の低吸収域、またそれぞれの低吸収域が重なる領域を観察できる機能を備えている。

Fig. 4に低吸収域の表示結果を示す。(a)は吸気画像の低吸収域を表示した結果であり、(b)は位置合わせ結果から呼気画像の低吸収域を吸気画像に対応付けて表示した結果であり、(c)は(a)と(b)を重ね合わせて吸気画像のみの低吸収域と呼気画像のみの低吸収域と共通の低吸収域とで色分けして表示した結果画像である。

4.2 移動の可視化

肺の収縮動作は単純に肺の中心部から放射線状に動いているわけではなく、例えば肺表面付近では、肋骨に対して滑るように動き、横隔膜に近いほど収縮動作が大きくなるといった特有の動きをしている。このため、肺の動きを視覚化することで、正常の肺の動きと比較することや、局所的な動きに異常が見られる箇所を特定することができる。本システムでは、位置合わせ結果から吸気画像と呼気画像間の肺の動きを可視化することができ、さらに個別に指定した位置の移動量を計測することもできる。

Fig. 5に、肺の移動を線分で表示した結果を示す。線分の向きと長さは水平方向の移動を表しており、垂直方向に対する移動は向きと大きさに応じて線分に色をつけて可視化している。また、Fig. 5は、肺野の重心を移動量計測の基準（移動量を0とする）位置として計算した結果である。

4.3 膨張率の可視化

肺野内部の空気の入れ替えは、主に横隔膜の収縮と肋間筋により行われている。呼吸動作がうまく行えていなければ、肺の収縮動作が弱まり、また先述したAir Trappingなどによる空気の滞留があれば、吸気画像と呼気画像間で部分的に収縮運動が阻害されている可能性が考えられる。このため、肺野の膨張率を観察することは、肺の換気能力を診断する一助となる。また、肺は左右だけでなく、さらに肺葉として5つ

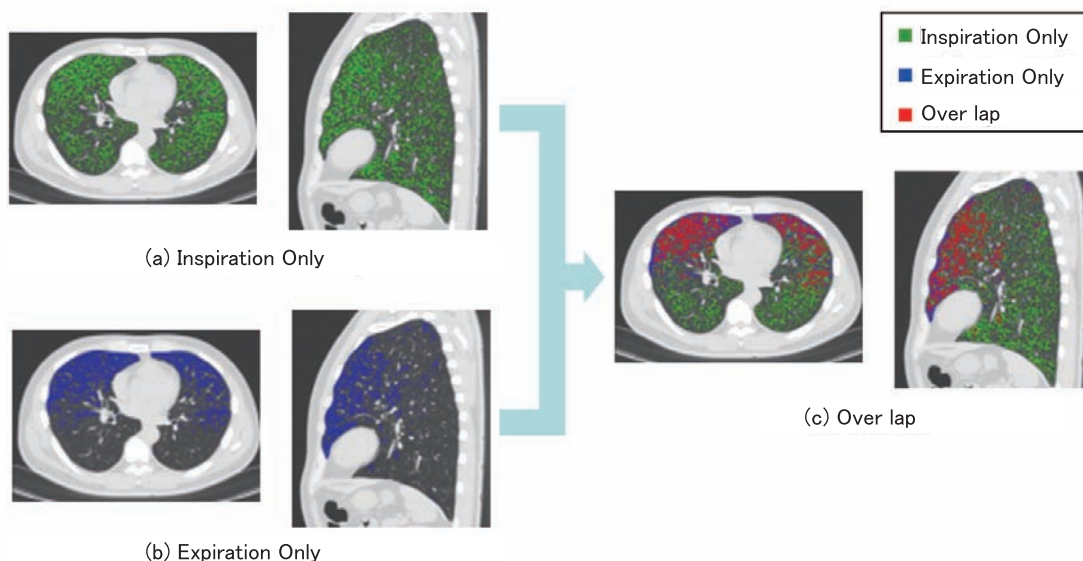
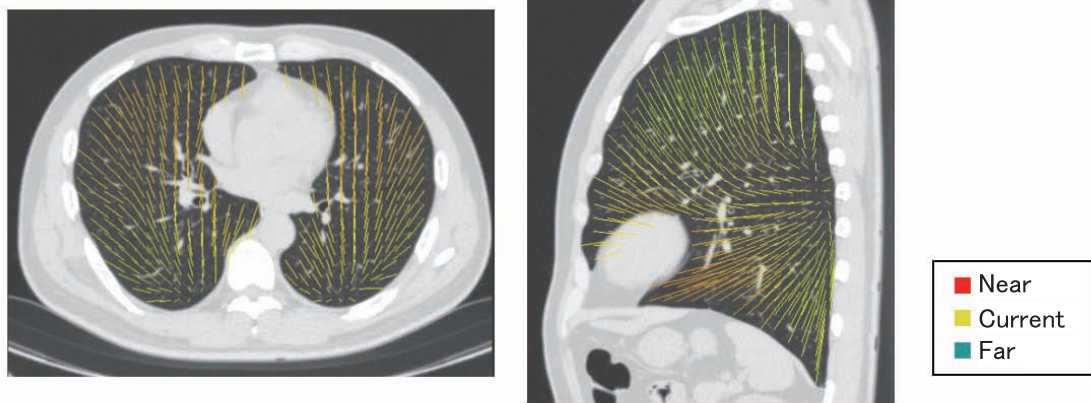


Fig. 4 LAA display



(The centers of gravity of the lungs are the corresponding position to measure the movement.)

Fig. 5 Moving line

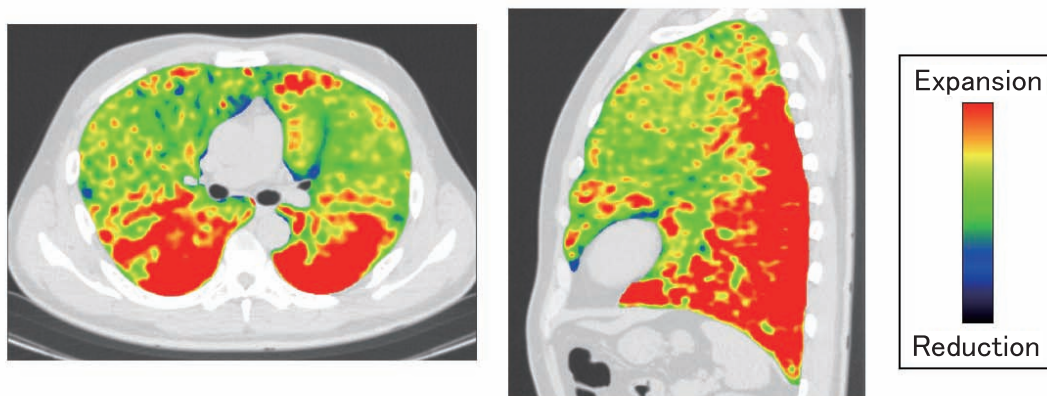


Fig. 6 Expansion rate per unit area

の区域に分離されているが、この区域も加味する事で、各区域単位での換気能力を観察できるようになる。本システムでは、位置合わせ結果から特定の領域単位で膨張率を計算・可視化することができる。

Fig. 6に、吸気画像の膨張率を表示した結果を示す。呼気に対する吸気の膨張率を表示しているため、肺野は全体的に膨張しており、一方で血管や気管支部分は膨張していないため、肺野との色の違いから走行を確認することができる。

5. まとめ

今回開発した肺の動態機能解析は、CT画像から肺の動態を可視化して、肺内部の疾患の部位の特定や、その重症度および要因の診断をサポートする3次元画像診断支援システムである。今後は、肺野に対するさらに新しい解析機能の追加に加え、気管支でも動態解析を実施できるような改良などを行う予定である。

SYNAPSE VINCENTが、呼吸器の臨床現場に広く導入され、COPDなどの呼吸器疾患の診断および治療になくならないシステムとなるよう、今後も開発を進めたい。

参考文献

- 1) 日本呼吸器学会COPDガイドライン第2版作成委員会編. COPD(慢性閉塞性肺疾患)診断と治療のためのガイドライン. 第2版, 日本呼吸器学会, 2004, 137p.
- 2) 厚生労働省.“人口動態調査”. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1.html>, (accessed 2014-11-25).
- 3) World Health Organization. “World Health Statistics 2008”. http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/EN_WHS08_Full.pdf, (accessed 2014-11-25).
- 4) Mattes, David; Haynor, David R.; Vesselle, Hubert; Lewellyn, Thomas K.; Eubank, William. Nonrigid multimodality image registration. SPIE Proc. 2001, Medical Imaging 2001: Image Processing, 4322, p.1609-1620.
- 5) Cao, Yan; Miller, M.I.; Winslow, R. L.; Younes, L. Large deformation diffeomorphic metric mapping of vector fields. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2005, 24(9), p.1216-1230.

-
- 6) Mishima, M.; Hirai, T.; Itoh, H.; Nakano, Y.; Sakai, H.; Muro, S.; Nishimura, K.; Oku, Y.; Chin, K.; Ohi, M.; Nakamura, T.; Bates, J. H.; Alencar, A. M.; Suki, B. Complexity of terminal airspace geometry assessed by lung computed tomography in normal subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease. Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A. 1999, 96(16), p.8829–8834.
- 7) Albán, Craig J.; Han, Meilan K.; Boes, Jennifer L.; Chughtai, Komal A.; Meyer, Charles R.; Johnson, Timothy D.; Galbán, Stefanie; Rehemtulla, Alnawaz; Kazerooni, Ella A.; Martinez, Fernando J.; Ross, Brian D. Computed tomography-based biomarker provides unique signature for diagnosis of COPD phenotypes and disease progression. Nature Medicine. 2012, 18(11), p.1711–1715.

商標について

- 本報告中にある「SYNAPSE VINCENT」は富士フイルム(株)の登録商標です。
- その他、本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

動物用定量免疫測定試薬

「富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジvc-TSH, v-COR」の開発

知久 浩之*, 片田 順一*, 大原 智也*, 笠置 典之*, 和田 淳彦*, 中村 健太郎*

Development of Quantitative Immunoassay Reagent “FUJI DRI-CHEM IMMUNO AU Cartridge vc-TSH and v-COR”

Hiroyuki CHIKU*, Junichi KATADA*, Tomoya OHARA*, Noriyuki KASAGI*, Atsuhiko WADA*,
and Kentaro NAKAMURA*

Abstract

We have successfully developed and commercialized the “FUJI DRI-CHEM IMMUNO AU Cartridge vc-TSH and v-COR”, which is a quantitative immunoassay system for the measurement of the thyroid stimulating hormone (TSH) and cortisol (COR) in dog serum. Last year, we developed the “FUJI DRI-CHEM IMMUNO AU Cartridge v-T4” for the measurement of the thyroid hormone (T4). We have succeeded in providing a highly accurate diagnostic method for hypothyroidism in dogs by measuring T4 and TSH together. Furthermore, a rapid and simple method for diagnosing Cushing’s syndrome in dogs was achieved by measuring COR. In addition to the competitive method, we have constructed a reaction system using the sandwich method and introduced dilution measurements.

1. はじめに

近年の獣医学の発達は、ペットの平均寿命を大きく延ばすことに成功した。一方で、ペットの高齢化により発生しやすくなる疾患も存在する。その代表的なものが、ホルモン分泌異常による内分泌疾患であり、イヌの場合、首に位置する甲状腺に関わる甲状腺機能低下症および、腎臓に隣接する副腎に関わるクッシング症候群である。甲状腺機能低下症の診断には、甲状腺ホルモンの一種であるサイロシキン (T4)、および甲状腺刺激ホルモン (TSH) の血中濃度が利用される。また、クッシング症候群の診断には、副腎皮質ホルモンの一種であるコルチゾール (COR) の血中濃度が利用される。しかし、多くの動物病院では、ホルモン検査を外部の検査機関へ委託しているため、検査結果が出るまでに数日を要し、その場での治療ができない。よって、院内に導入できる小型の即時検査システムが求められていた。このニーズに応えるために、昨年、われわれはT4測定用動物用定量免疫測定試薬「富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジv-T4」(以下、FDC v-T4と略す) および専用測定装置「富士ドライケムIMMUNO AU10V」を開発し、報告した¹⁾。

本システムでは、標識として用いる蛍光粒子の検出原理として表面プラズモン増強蛍光法 (SPF法) を採用した。従来使用されている落射蛍光法では、上面からのレーザー光が免疫反応で結合していない蛍光粒子も光らせてしまうため、未反応蛍光粒子を除去するために洗浄が必要であった。SPF法の場合、蛍光粒子が結合した金属薄膜に対して、下面から入射角度を調節したレーザー光を照射し、表面プラズモン共鳴 (SPR) による近接場光を発生させることで、金属薄膜表面に結合した蛍光粒子のみが発光する (Fig. 1)。洗浄工程が不要のため測定時間は約10分と短時間であり、洗浄液や排水設備も不要であるため、測定装置の小型化が実現できた。また、検体、カートリッジ、消耗品を装置にセットし、スタートボタンを押すだけの簡単操作も特長である (Fig. 2)。

一般的に、抗体を用いた免疫反応を利用してホルモンなどの抗原を測定する免疫測定方法は、2種類ある。分子量が数万Daの抗原 (TSHなど) の場合、2つの抗体で挟みこむことによって測定する「サンドイッチ法」を行い、分子量が1000以下で抗体で挟み込むことができない抗原 (T4, CORなど) の場合には、抗原の標識体と検体中の抗原とで免疫反応を競合させる「競合法」で行う。

本誌投稿論文 (受理2014年12月15日)

*富士フィルム (株) R & D統括本部

医薬品・ヘルスケア研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

*Pharmaceutical & Healthcare Research Laboratories
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-Machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa
258-8577, Japan

今回、新たな測定項目として、サンドイッチ法を用いた「富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジvc-TSH」(以下、FDC vc-TSHと略す)、および、競合法を用い、検体の希釈測定を採用することで広い測定ダイナミックレンジを実現した「富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジv-COR」(以下、FDC v-CORと略す)を開発した。本報告では、FDC vc-TSHとFDC v-CORの技術概要および臨床性能について述べる。

2. サンドイッチ法を使用したFDC vc-TSHの開発

2.1 TSH測定の意味

TSHは、下垂体前葉から分泌されるホルモンであり、その血中濃度は、視床下部-下垂体-甲状腺の間で次のように調節されている。甲状腺はTSHによって刺激され、甲状腺ホルモン(T₄、T₃)の分泌が促進される。下垂体前葉は視床

下部から分泌される甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン(TRH)によって刺激され、TSH分泌が促進される。一方、血液中のT₄およびT₃濃度の上昇によるネガティブフィードバック作用によってそれらの分泌は抑制されており、これによりT₄およびT₃分泌量が調整されることになる(Fig. 3) 1)。

イヌ血清TSHの測定は、イヌ血清T₄の測定と合わせて、甲状腺機能低下症の診断に利用される。甲状腺機能が低下するとT₄の分泌が減少するため、甲状腺機能低下症のイヌの多くは血清T₄濃度が低値を示し、T₄を分泌させようとTSHの分泌が増え、血清TSH濃度は高値となることが知られている。診断には主に血清T₄濃度を用いるが、血清T₄濃度は他の疾患の影響を受ける場合があり、同時に血清TSH濃度を測定することで、診断の確度を高めることができる¹⁾。

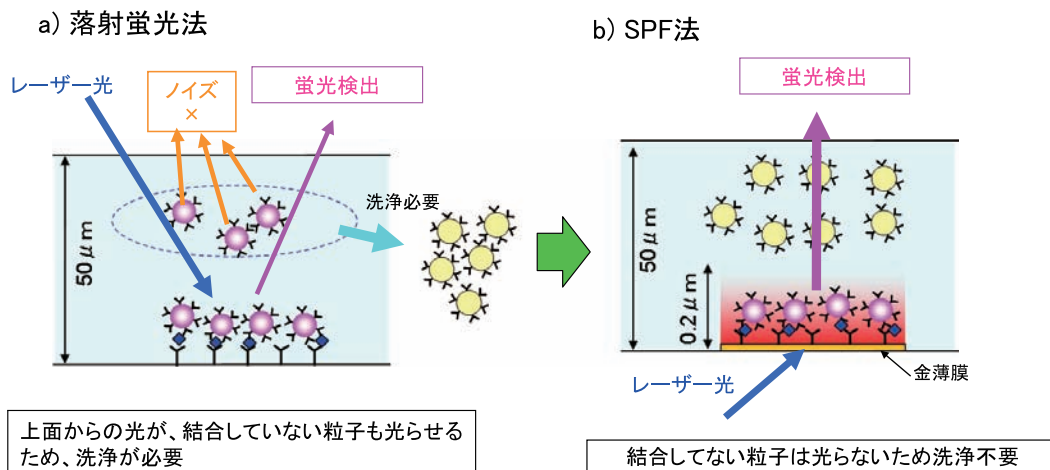


Fig. 1 Schematic drawings of the a) epifluorescence and b) SPF methods.

動物用免疫反応測定装置
富士ドライケム
IMMUNO AU10V



TSH(甲状腺刺激ホルモン)測定用
富士ドライケム IMMUNO AU
カートリッジ vc-TSH



COR(コルチゾール)測定用
富士ドライケム IMMUNO AU
カートリッジ v-COR



[測定方法]



Fig. 2 Quantitative immunoassay system for the measurement of TSH and COR in dog serum.

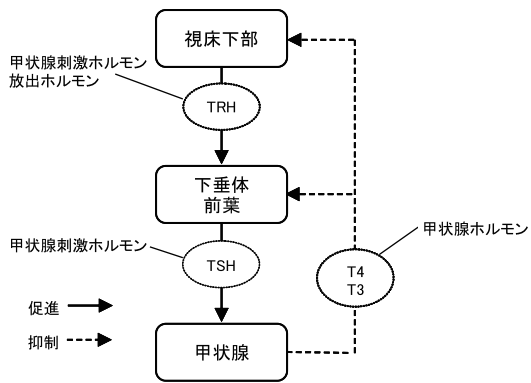


Fig. 3 Negative feedback mechanism for the adjustment of thyroid hormones.

2.2 FDC vc-TSHの測定原理

サンドイッチ法のTSHの測定は次のように行われる(Fig. 4)。

- (1) 血清検体が反応カップに分注されると、抗TSHモノクローナル抗体で標識した蛍光粒子 (以下、蛍光粒子標識抗TSH抗体と略す) が検体中のTSHと反応する [Step1]。このとき、血清中のTSH濃度に比例して蛍光粒子上の抗体へのTSH結合量が増える。
- (2) 反応液が免疫反応流路内に送液される。免疫反応流路内に設けられた金薄膜上には抗TSHモノクローナル抗体

(以下、抗TSH抗体と略す) が固定化されており、TSH結合量に比例して金薄膜に蛍光粒子標識抗TSH抗体が捕捉される [Step2]。SPF法により得られた蛍光量をもとに、装置が自動的にTSH濃度に変換し、測定結果が得られる。

2.3 反応系開発のポイント：サンドイッチ法における偽反応の抑制

抗原抗体反応を利用した免疫反応系では、非特異反応により測定誤差が生じる可能性がある。特に、サンドイッチ法においては、血清検体中に存在する異好抗体等の非特異反応原因物質による偽反応の問題がある。異好抗体が存在する場合、蛍光粒子で標識した抗体と金薄膜に固定化された抗体とが異好抗体を介して結合することで蛍光信号として検出されてしまう。その結果、異常高値となって検出されてしまう懸念がある。

今回、このような問題の対策として、非特異反応原因物質を吸収する非特異反応抑制剤を新規に開発した。対策をしなかった場合には、動物専門検査センターで使用されている化学発光酵素免疫測定法 (CLEIA法) を対照法とした場合に異常高値と測定された血清検体においても、本抑制剤を用いることで改善することができた (Fig. 5)。

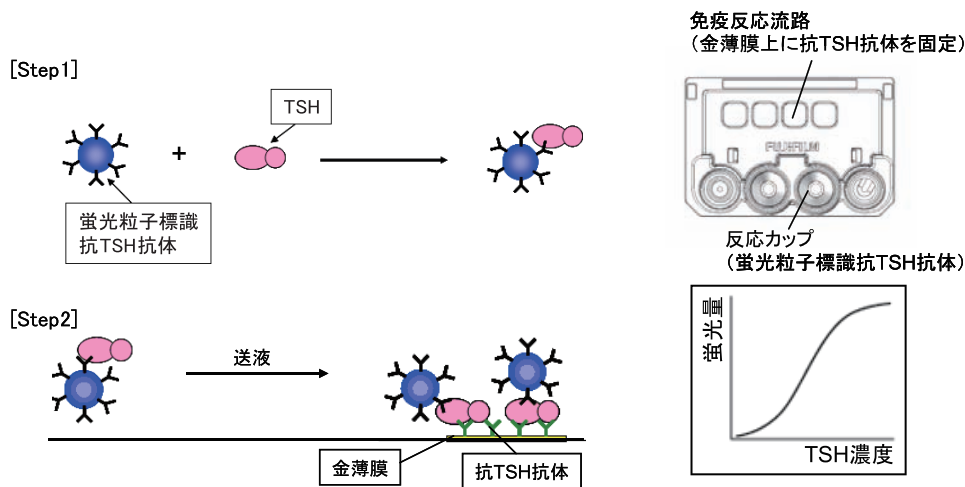


Fig. 4 Principle for measuring TSH in dog serum using FDC vc-TSH.

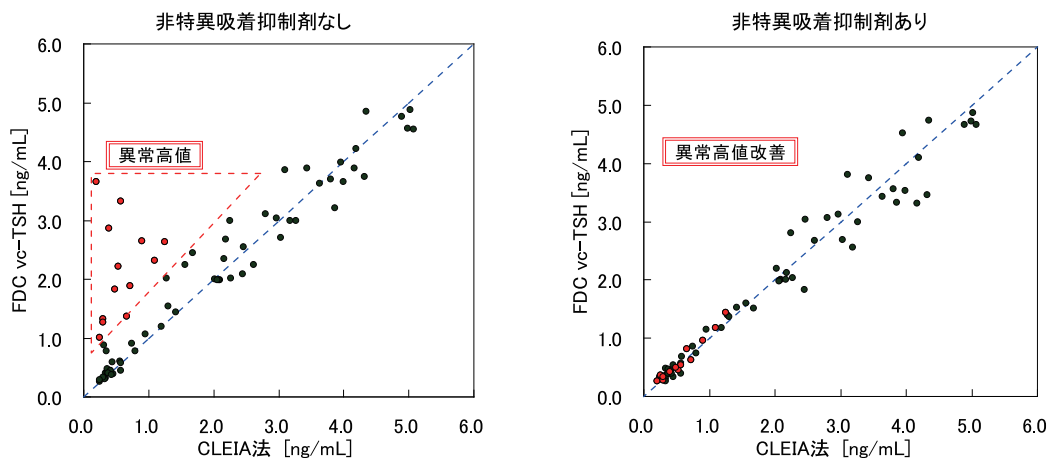


Fig. 5 Effect of inhibition of a nonspecific reaction.

2.4 臨床性能

(1) 相関性の確認

今回開発したFDC vc-TSHの有効性を検証する目的で、CLEIA法を対照法としてイヌ血清での相関性を確認した。

FDC vc-TSHはCLEIA法に対し相関係数 (r) =0.983と良好な相関性を示した。また、回帰直線 ($y=ax+b$; x : CLEIA法, y : FDC vc-TSH) の傾き (a)・切片 (b) は、 $a=0.941$, $b=0.077$ であり、FDC vc-TSHはCLEIA法と同等のTSH測定値を示すことを確認した (Fig. 6)。

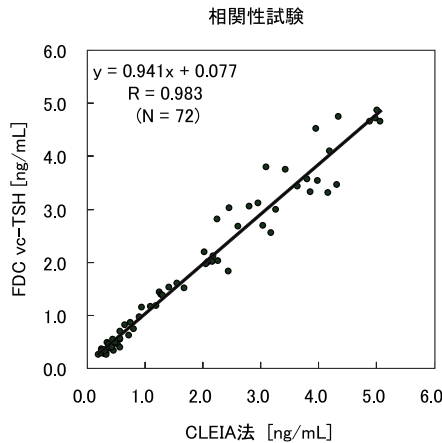


Fig. 6 Correlation between CLEIA method and FDC vc-TSH.

(2) 同時再現性の確認

同一サンプルをFDC vc-TSHで繰り返し測定した場合の同時再現性の確認を行った。TSH濃度の異なる3つの検査液を用い、それぞれ10回繰り返し測定した結果をTable 1に示した。いずれの濃度レベルにおいてもばらつきの尺度である変動係数 (CV) は6%以下であり、免疫測定試薬として十分高い再現性 (定量性) を有することを確認した。

Table 1 Reproducibility of measurements with FDC vc-TSH.

(単位: ng/mL)

TSH level	Low	Middle	High
1	0.42	1.46	3.90
2	0.41	1.26	4.29
3	0.43	1.27	4.37
4	0.41	1.31	3.83
5	0.44	1.33	3.99
6	0.48	1.29	4.17
7	0.41	1.26	3.62
8	0.40	1.37	3.92
9	0.41	1.34	3.98
10	0.42	1.26	4.01
Ave. (ng/mL)	0.42	1.32	4.01
SD (ng/mL)	0.023	0.064	0.221
CV (%)	5.5	4.9	5.5

3. 競合法を使用したFDC v-CORの開発

3.1 COR測定の意義

CORは副腎皮質から分泌されるホルモンであり、その血中濃度は、視床下部-下垂体-副腎皮質の間で次のように調節されている。副腎皮質は副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) によって刺激され、CORの分泌が促進される。下垂体前葉は視床下部から分泌されるACTH刺激ホルモン (CRH)、アルギニンバソプレシン (AVP) によって刺激され、ACTH分泌が促進される。一方、血液中のCOR濃度の上昇によるネガティブフィードバック作用によってそれらの分泌は抑制されており、これによりCOR分泌量が調整されることになる (Fig. 7) ²⁾。

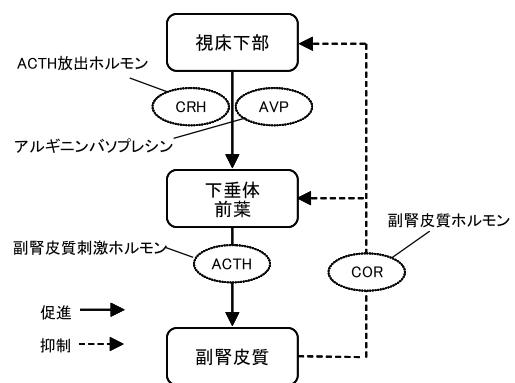


Fig. 7 Negative feedback mechanism for adjustment of cortisol.

クッシング症候群は、血液中のCOR濃度が異常に高くなる病気で、イヌに多い内分泌疾患のひとつである。クッシング症候群を診断するための基本的な検査としてACTH刺激試験が広く行われている。クッシング症候群には下垂体性及び副腎腫瘍性があるが、いずれの場合もCORを分泌する力が高まっており、そのためACTHを投与するACTH刺激試験を行うことで通常よりも多くのCORが分泌される。ACTH投与後のCOR濃度が決まった値よりも高値の場合、クッシング症候群と診断する^{3) 4)}。

3.2 FDC v-CORの測定原理

競合法のFDC v-COR測定は次のように行われる (Fig. 8)。

- (1) 血清検体が反応カップ①に分注される。すると、血清中のCOR結合グロブリンと解離剤が溶解しながら反応し、フリーのCORが生成する [Step1]。
- (2) 反応カップ①の反応液が反応カップ②に分注され、抗CORモノクローナル抗体で標識した蛍光粒子 (以下、蛍光粒子標識抗COR抗体と略す) が検体中のCORと反応する [Step2]。このとき検体中のCOR濃度に比例して蛍光粒子上の抗体へのCOR結合量が増えるため、抗体の結合サイトが減少する。
- (3) 反応液が免疫反応流路内に送液される。免疫反応流路内に設けられた金薄膜上にはCOR標識ウシ血清アルブミン (以下、COR-BSAと略す) が固定化されており、COR

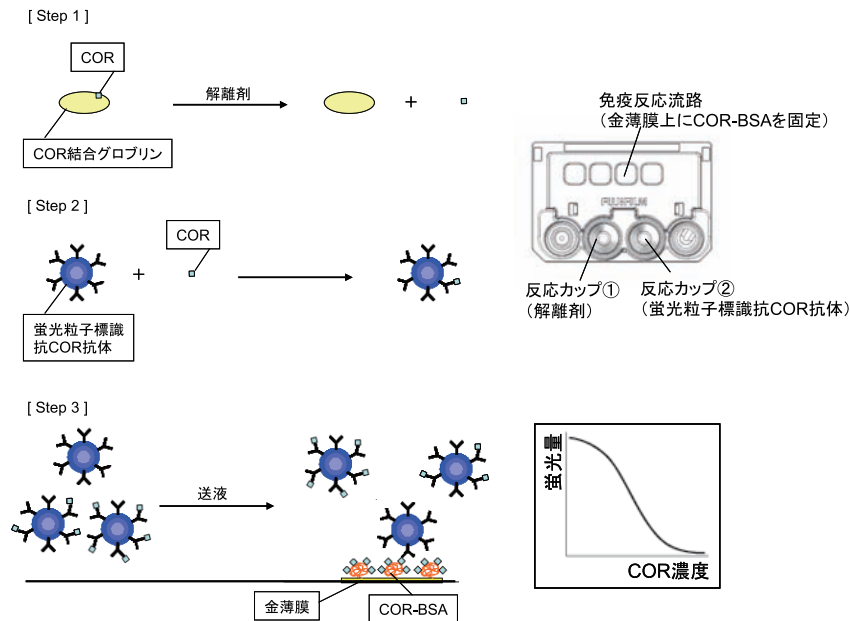


Fig. 8 Principle for measuring cortisol in dog serum using FDC v-COR.

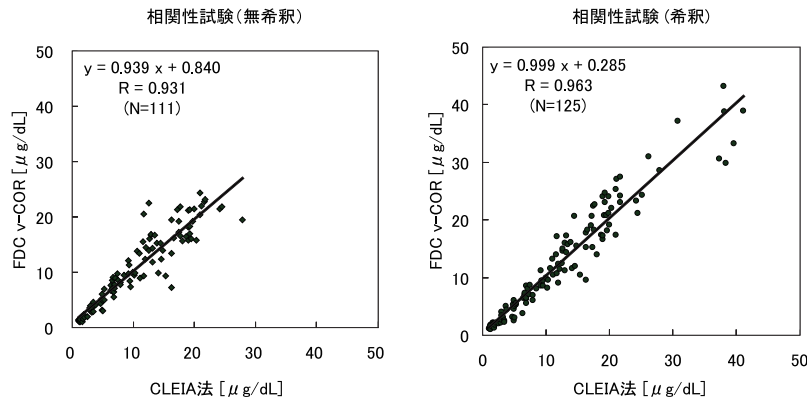


Fig. 9 Correlation between CLEIA method and FDC v-COR (left: without dilution, right: with dilution).

結合量に反比例して金薄膜に蛍光粒子標識抗COR抗体が捕捉される [Step3]。SPF法により得られた蛍光量をもとに、装置が自動的にCOR濃度に変換し、測定結果が得られる。

3.3 反応系開発のポイント：希釈測定による高濃度測定の実現

ACTH刺激試験によるクッシング症候群の診断に際しては、CORの測定範囲上限は30.0 $\mu\text{g/dL}$ までで充分であり、FDC v-CORでは血清検体をそのまま測定する場合の測定範囲を1.0 $\mu\text{g/dL}$ ~ 30.0 $\mu\text{g/dL}$ とした^{3) 4)}。しかし、われわれの調査において、病気の状態の把握や今後の治療方針の計画等に役立てるために、ACTH刺激試験後に30.0 $\mu\text{g/dL}$ を超える高値となった場合にも、正確なCOR濃度測定が求められる場合があった。そこで、通常の測定に加え、高濃度域の測定も可能な希釈測定 (測定範囲：COR濃度1.0 $\mu\text{g/dL}$ ~ 50.0 $\mu\text{g/dL}$) も可能な反応系を開発した。

希釈測定を精度よく行うためには、希釈液の選定と反応条件の設定が極めて重要である。今回、安価かつ、獣医学分野

で入手が容易な生理食塩水を希釈液に選定し、最適な反応条件を設定することで、希釈測定を実現した。測定操作に関しても、秤量器具の準備や、手による煩雑な希釈操作を廃し、測定装置の希釈モードを使用することで、自動での希釈測定を実現した。

3.4 臨床性能

(1) 相関性の確認

今回開発したFDC v-CORの有効性を検証する目的で、動物専門検査センターで使用されているCLEIA法を対照法としてイヌ血清での相関性を確認した。

FDC v-CORはCLEIA法に対し相関係数 (r) は、無希釈では $r=0.931$ 、希釈では $r=0.963$ と無希釈・希釈共に良好な相関性を示した。また、回帰直線 ($y=ax+b$; x : CLEIA法, y : FDC v-COR) の傾き (a)・切片 (b) は、無希釈では $a=0.939$, $b=0.840$ 、希釈では $a=0.999$, $b=0.285$ であり、FDC v-CORは、無希釈・希釈共にCLEIA法と同等のCOR測定値を示すことを確認した (Fig. 9)。この結果は、これまで実施されていた外注検査と同等の精度の検査を院内で実施できることを示している。

Table 2 Reproducibility of measurements with FDC v-COR (left: without dilution, right: with dilution)

<無希釈測定>				<希釈測定>				
(単位: $\mu\text{g/dL}$)				(単位: $\mu\text{g/dL}$)				
COR level	Low	Middle	High	COR level	Low	Middle	High1	High2
1	4.0	9.1	20.4	1	2.2	7.6	20.9	41.9
2	4.0	9.3	20.3	2	2.2	8.4	21.8	40.1
3	4.1	9.6	21.1	3	2.1	8.3	22.3	42.2
4	4.0	9.5	20.0	4	2.2	7.8	22.3	41.8
5	4.1	9.0	21.0	5	2.1	8.0	22.8	39.1
6	4.2	9.5	19.1	6	2.1	7.8	22.1	42.1
7	4.0	9.5	20.4	7	2.1	8.1	22.7	41.5
8	4.2	9.6	20.8	8	2.3	8.0	21.8	40.7
9	4.1	9.0	20.1	9	1.9	7.3	21.4	42.6
10	3.9	9.5	20.0	10	2.1	7.7	22.6	41.9
Ave. ($\mu\text{g/dL}$)	4.06	9.36	20.3	Ave. ($\mu\text{g/dL}$)	2.13	7.90	22.1	41.4
SD ($\mu\text{g/dL}$)	0.10	0.24	0.58	SD ($\mu\text{g/dL}$)	0.11	0.33	0.60	1.09
CV (%)	2.4	2.6	2.9	CV (%)	5.0	4.2	2.7	2.6

(2) 同時再現性の確認

同一サンプルをFDC v-CORで繰り返し測定した場合の同時再現性の確認を行った。無希釈測定ではCOR濃度の異なる3つの検査液、希釈測定ではCOR濃度の異なる4つの検査液を用い、それぞれ10回繰り返し測定した結果をTable 2に示した。いずれの濃度レベルにおいてもばらつきの尺度である変動係数(CV)は5%以下であり、免疫測定試薬として十分な高い再現性(定量性)を有することを確認した。

4. まとめ

今回、われわれは、動物用定量免疫測定試薬富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジvc-TSHおよび富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジv-CORを開発した。イヌの甲状腺機能低下症の診断に際しては、昨年開発・上市したT4測定と共に、TSHの測定を行うことで、高い精度の診断法を提供することに成功した。また、イヌのクッシング症候群に対してCORによる迅速・簡便な診断法が完成した。

技術面においては、競合法に加え、サンドイッチ法での反応系構築を成し遂げ、また、システムにおける希釈測定の導入も実施した。今後は、本システムのプラットフォームを利用し、測定項目の拡充を行うことで、動物病院施設内での簡単・迅速な検査を実現し、さらなる動物医療の質の向上に貢献していきたい。

5. 謝辞

本商品化にあたり、試薬製造体制の構築にご尽力頂いたイメージング材料生産部、富士フィルムフォトマニュファクチャリング(株)の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 松野忠宏, 大原智也, 小野田歩, 中村健太郎, 木村俊仁, 小松明広. 動物用定量免疫測定試薬「富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジv-T4」の開発. FUJIFILM Research & Development. 2014, no.59, p.13-18.
- 2) クッシング症候群診療マニュアル. 平田結喜緒, 成瀬光栄編. 診断と治療社, 2010, p.9-13.
- 3) “Canine hyperadrenocorticism (Cushing’s syndrome)”. Canine and Feline Endocrinology and Reproduction. Feldman, E. C.; Nelson, R. W. eds. 3rd edition, Saunders, Philadelphia, U. S. A., 2003, p.252-357.
- 4) Small Animal International Medicine. Nelson, R. W.; Couto, C. G. eds. 長谷川篤彦, 辻本元訳. 第3版, インターズー, 2004, p.811-847.

商標について

- ・「QRコード」は、(株)デンソーウェーブの登録商標です。
- ・「富士」「ドライケム」「FUJI」「DRI-CHEM」「DRI-CHEM IMMUNO」は、富士フィルム(株)の登録商標です。
- ・その他、本論文で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

ヘアケアシリーズ「アスタリフト スカルプフォーカス」の開発

田代 朋子*, 村口 太一*, 金久 真由子*, 森 幹永*, 北岡 弘行*, ティーレ 智子*,
杉田 明寛**, 織笠 敦***, 小杉 拓治*, 永田 幸三*

Development of a Hair Care Product Series, “ASTALIFT SCALP FOCUS”

Tomoko TASHIRO*, Taichi MURAGUCHI*, Mayuko KANEHISA*, Mikinaga MORI*,
Hiroyuki KITAOKA*, Tomoko THIELE*, Akihiro SUGITA**, Atsushi ORIKASA***,
Takuji KOSUGI*, and Kozo NAGATA*

Abstract

We have launched a series of new hair care products, “ASTALIFT SCALP FOCUS,” which improve the elasticity and reduce the firmness of hair. Glycyrrhetic acid, known as an active ingredient for hair growth, is insoluble in water and oil; therefore, it has been conventionally formulated with a high concentration of ethanol. However, continuous application of concentrated ethanol causes dehydration and inflammation of the scalp. With our proprietary emulsifying technology, we have nanosized (80 nm) glycyrrhetic acid, which has a high permeability into scalp without an aid of ethanol. Furthermore, we have developed “nano human hair ceramide” using our original emulsifying technology to nanosize (20 nm) “human hair ceramide,” which is found in human hair and contributes to the firmness and elasticity of hair.

1. はじめに

富士フィルムは、「美しい写真を作る」技術を、「美しい肌を作る」ために応用し、機能性化粧品の開発を進めてきた。2007年9月に「アスタキサンチンと3種類のコラーゲン」によるスキンケアシリーズ「アスタリフト」を発売している。2014年9月24日、新たに、加齢によって失われがちなハリやコシ、ボリュームを与えて健やかな髪に整える「アスタリフト スカルプフォーカス」を上市した (Fig. 1)。

近年、加齢による髪の悩みを抱える女性が増えており、髪のエイジングケアのニーズが高まっている。その代表的な悩みであるハリ・コシの低下やボリュームダウンは、加齢による頭皮の乾燥・炎症といった頭皮環境の乱れによって生じ



Fig. 1 New hair care series, “ASTALIFT SCALP FOCUS”

本誌投稿論文 (受理2014年12月15日)

*富士フィルム (株) R & D統括本部

医薬品・ヘルスケア研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

*Pharmaceutical & Healthcare Research Laboratories

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

**富士フィルム (株) R & D統括本部

解析技術センター

〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

** Analysis Technology Center

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Nakanuma, Minamiashigara, Kanagawa

250-0193, Japan

*** 富士フィルム (株) ライフサイエンス事業部

〒107-0052 東京都港区赤坂9-7-3

*** Life Science Products Division

FUJIFILM Corporation

Akasaka, Minato-ku, Tokyo

107-0052, Japan

る。そのため、頭皮環境を整えダメージを受けた毛髪をケアすることが必要であり、頭皮や毛髪の内部に必要な有効成分をしっかり浸透させることが重要である。

本報告では、アスタリフト スカルプフォーカスに配合した頭皮環境を整える「ナノグリチルレチン酸」と毛髪のハリ・コシを改善する「ヒト型ナノヘアセラミド」について詳細を報告する。

2. 「ナノグリチルレチン酸」

2.1 グリチルレチン酸とは

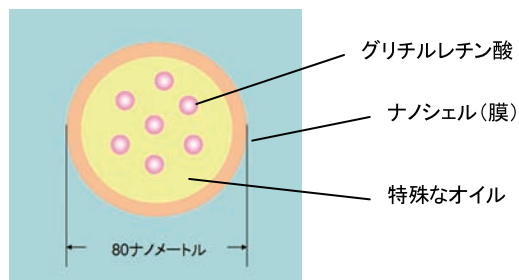
「グリチルレチン酸」は甘草由来の天然のトリテルペノイドであり、抗炎症効果が高く、脱毛の原因であるホルモンの活性化を抑制する(5 α リダクターゼ阻害)¹⁾ため、多くの育毛剤に配合されている。グリチルレチン酸は結晶性が高く水にも油にも溶解性が低いため、従来の育毛剤においては50%程度の高濃度エタノールに溶解して配合されていた。しかし、高濃度エタノールを継続的に使用すると、頭皮に痒みや痛みなどの炎症を引き起こすことがあり、頭皮環境の悪化が懸念されていた²⁾。そこで、高濃度エタノールが頭皮に与える影響を新たに検証した結果、高濃度エタノールが毛乳頭細胞の細胞膜に障害を与えること、さらには育毛を阻害する情報伝達物質(IL-6)の産生を促進することが明らかになった。

2.2 「ナノグリチルレチン酸」の開発

そこで、われわれは高濃度のエタノールを使わずにグリチルレチン酸を頭皮の毛穴の奥まで浸透させる方法を検討した。具体的には、グリチルレチン酸を溶解できる特殊なオイルを見出し、そのオイルとグリチルレチン酸を安定に乳化するために、乳化膜(シエル)を形成させる「ナノシエル技術」を開発した。この技術により、エタノールを使用せず高濃度のグリチルレチン酸を粒子径80nmで安定に水に分散した「ナノグリチルレチン酸」を開発することに成功した(Fig. 2)。同濃度のグリチルレチン酸を水に希釈した様子を示す(Fig. 3)。「ナノグリチルレチン酸」は安定/均一に水に分散できることが分かる。

2.3 「ナノグリチルレチン酸」の表皮浸透性

開発した「ナノグリチルレチン酸」は角層/表皮を透過して頭皮の細胞へ浸透することで効果が期待できるため、表皮浸透性を3次元培養表皮モデルを用いて比較した。「ナノグリチルレチン酸」の表皮浸透性は、一般的な育毛剤に用いられている「濃度50%のエタノールに溶解したグリチルレチン酸」と比較すると、1.7倍の浸透性を有することが分かった(Fig. 4)。一般的にエタノールは浸透促進剤としても使用されているが、実際の使用量を想定した本実験ではエタノールが塗布直後に気化し、結晶性が高いグリチルレチン酸は凝集することが分かった。一方で「ナノグリチルレチン酸」はナノサイズを維持しているためにゆっくりと浸透し続けることができ、浸透性が向上したと考えられる。



成分の粒子同士が結合しないよう、溶媒となる特殊なオイルに溶解し、水としっかり分離する膜(シエル)で包んで安定化させた。(ナノシエル技術)

Fig. 2 Image of "nano glycyrrhetic acid"



グリチルレチン酸は水に溶解せず、析出する(左)。従来は50%エタノールに溶解していた(中)。「ナノグリチルレチン酸」は、エタノールがなくても水に分散可能である(右)。

Fig. 3 Comparison of glycyrrhetic acid in water (left), in 50% aqueous ethanol (middle), and water-diluted "nano glycyrrhetic acid" (right)

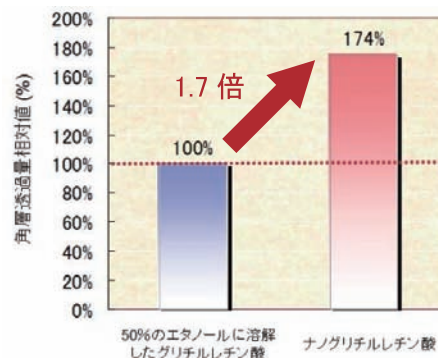


Fig. 4 Skin permeability of glycyrrhetic acid

2.4 「ナノグリチルレチン酸」の毛包浸透性

3次元培養表皮モデルでは毛包がないため、ターゲットである毛包周辺への浸透は評価できないという問題があった。そこで、ヒト摘出頭皮皮膚を用いてグリチルレチン酸分子そのものの局在を可視化して評価する新たな測定系の構築を検討した。既存の浸透物質の可視化手法では、測定対象の化合物を蛍光や色素で標識したものを追跡して観察していた

が、標識操作自体が化合物の性質に影響するため正しく評価できなかった。そこで、われわれは、機能性フィルム等の薄層表面解析に使用されているTOF-SIMS (Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry: 飛行時間型二次イオン質量分析法)法を応用した。TOF-SIMS法は一切の標識を必要とせず、化合物そのものの分子量を検出しマッピング可能なため、化合物そのものの局在を明らかにすることができる。

表皮浸透性評価と同様に、「ナノグリチルレチン酸」をヒト摘出頭皮皮膚に塗布した後、凍結固定し、薄層切片を作製した。作製した薄層切片にTOF-SIMS法によりグリチルレチン酸をマッピングしたものをFig. 5に示す(着色した部分にグリチルレチン酸が存在)。「ナノグリチルレチン酸」が毛穴に到達することを確認できた。

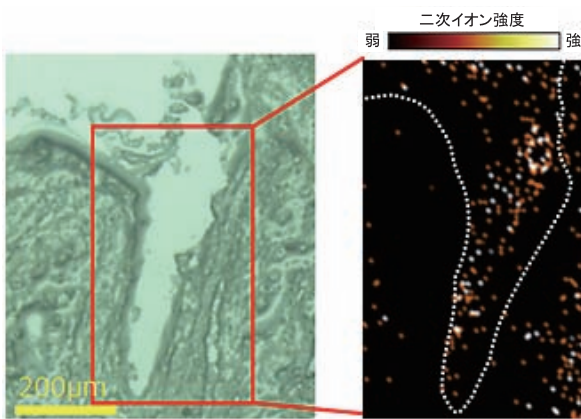


Fig. 5 TOF-SIMS images of glycyrrhetic acid in a human hair follicle

3. 「ヒト型ナノヘアセラミド」

3.1 毛髪の構造と細胞膜複合体 (CMC) の働き

毛髪は中心の毛髄質 (メデュラ), その周りを取り囲む毛皮質 (コルテックス),そして表面を覆う毛表皮 (キューティクル) の3層から構成されている (Fig. 6)。この3つの層を繋ぐ細胞膜複合体 (CMC) は毛髪内部に水分を蓄えたり, キューティクルを接着させることにより, 毛髪内の成分流出

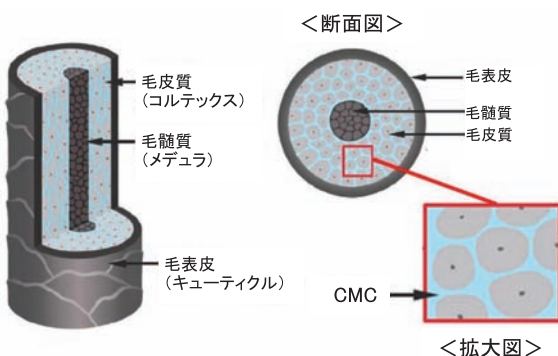


Fig. 6 Structure of hair

を防ぐ役割を果たしている³⁾。CMCは加齢によって減少し、それが毛髪のハリ・コシ低下を招く原因のひとつと考えられている。毛髪のハリ・コシを向上させるため、CMCの構成成分である「ヒト型ヘアセラミド」に着目した。

3.2 「ヒト型ナノヘアセラミド」の開発

ヒト型ヘアセラミドは、溶解性が低く、溶液中では結晶化しやすいため、従来多量のオイルなどに溶解して、分散する手法がとられていた。そのため、オイル中のヒト型ヘアセラミドの濃度が低く、粒子径が1 μm程度の分散物しかつくることができなかった。われわれは、独自のナノ化技術により、ヒト型ヘアセラミドを溶解・分散するためのオイルを用いず、高濃度のヒト型ヘアセラミドを粒子径20nmで安定に水に分散した「ヒト型ナノヘアセラミド」を開発することに成功した (Fig. 7)。



Fig. 7 Comparison of the transparency of "nano hair ceramide" and conventional hair ceramide preparation

3.3 「ヒト型ナノヘアセラミド」の毛髪への効果

加齢や熱・紫外線などによるダメージによって毛髪は弱り、CMCが空洞化することが知られている。「ヒト型ナノヘアセラミド」により、空洞化したCMCを補給できるか検証するため、浸漬前後でTEM (透過型電子顕微鏡)にて毛髪内部の観察を行った。その結果、「ヒト型ナノヘアセラミド」を浸漬すると毛髪内部まで浸透し、CMCの隙間を埋めていることを確認した (Fig. 8)。また、浸漬前と比較し、適用後にはヒト型ヘアセラミド量が2倍に増加した (Fig. 9)。

毛髪表面への効果を確認するため、キューティクルのSEM (走査型電子顕微鏡) 観察およびTOF-SIMSにて、吸着した

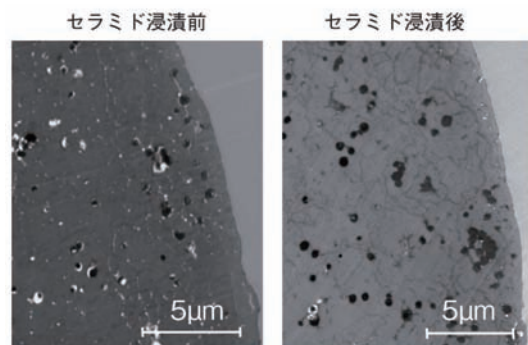


Fig. 8 TEM images of a cross section of hair

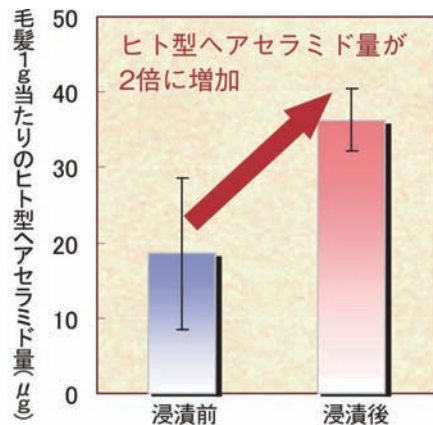


Fig. 9 Amount of ceramide in hair after treatment

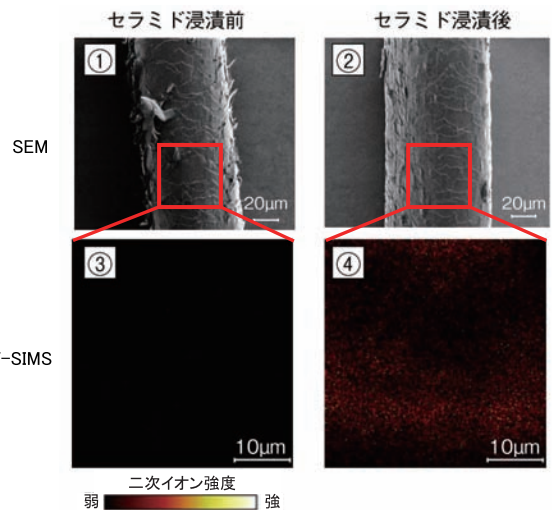


Fig. 10 SEM and TOF-SIMS images of hair treated by "nano hair ceramide"

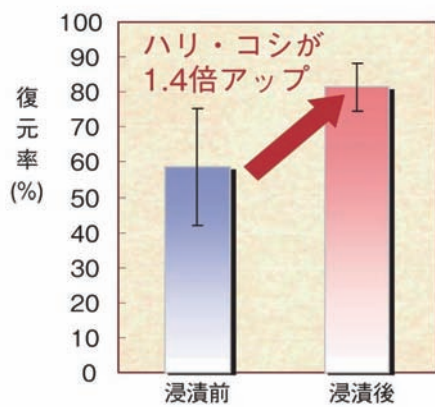


Fig. 11 Change of elasticity of hair after treatment

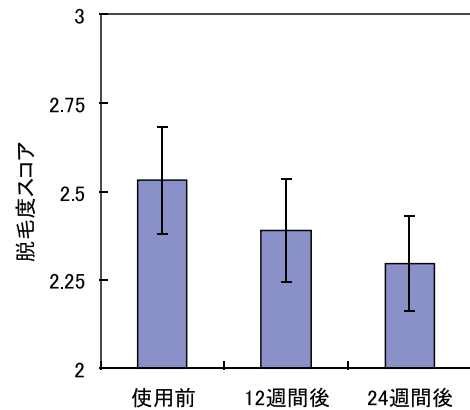


Fig. 12 Change of hair loss score

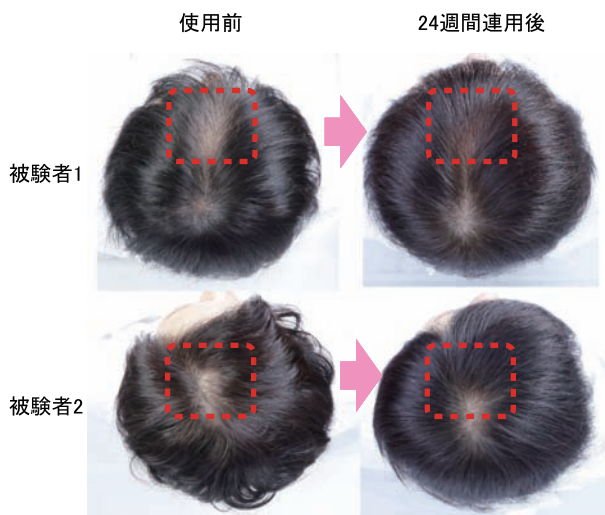


Fig. 13 Improvement examples: before (left) and after 24 weeks of continuous use (right)

セラミドの可視化を検討した。SEM観察の結果、「ヒト型ナノヘアセラミド」浸漬後、ダメージにより開いていたキューティクルが接着していることを確認した。また、TOF-SIMSより、ヒト型ヘアセラミドが毛髪表面へ均一に分布していることを確認した (Fig. 10)。

また、「ヒト型ナノヘアセラミド」に浸漬した毛髪と、浸漬していない毛髪のハリコシを測定し、「ヒト型ナノヘアセラミド」に浸漬することで、毛髪のハリコシが1.4倍向上したことを確認した (Fig. 11)。

4. 製品エビデンス

「日本人における脱毛重症度スコア」⁴⁾の基準で2~4に適合する40~64歳の日本人女性16名に、24週間、1日1回、「ヒト型ナノヘアセラミド」を配合したシャンプーとコンディショナーを、1日2回、朝晩の洗髪後または整髪前に「ナノグリチルレチン酸」を配合した頭皮用美容液を使用してもらった。その使用前、12週後、24週後に、皮膚科医による脱毛重症度スコア判定、および頭頂部画像撮影を実施した。その結果、脱毛度スコア平均値は使用前2.53から24週後2.30まで改善した (Fig. 12)。また16名中、12名で改善が見られた。改善例として2名の頭頂部画像を示す (Fig. 13)。

5. まとめ

今回報告したアスタリフト スカルプフォーカスは、アスタリフトシリーズ初のヘアケアシリーズであり、独自の技術を活用した富士フィルムにしか提供できない機能性ヘアケア製品である。今後もこれらの技術をさらに進化させ、新たな顧客価値を提供する機能性化粧品の開発に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 木曾昭典. “ β -グリチルレチン酸の育毛・脱毛予防に関する作用”. 毛髪再生の最前線. シーエムシー出版, 2013, p.213-217.
- 2) 遠藤博久, 小林寛伊, 大久保憲. エタノール接触皮膚障害症例と交差反応について. Journal of Healthcare-associated Infection. 2009, 2(1), p.13-17.
- 3) 松崎貴, 新井幸三, 上甲恭平, 細川稔, 中村浩一. 最新の毛髪化学. フレグランスジャーナル社, 2003, 308p.
- 4) Tajima, M.; Chika Hamada, C.; Arai, T.; Miyazawa, M.; Shibata, R.; Ishino, A. Characteristic features of Japanese women's hair with aging and with progressing hair loss. Journal of Dermatological Science. 2007, 45(2), p.93-103.

商標について

- 「アスタリフト」「SCALP FOCUS」「ナノシェル」「ASTALIFT/ナノグリチルレチン酸」「ヒト型ナノヘアセラミド」は、富士フィルム（株）の登録商標です。
- その他、本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

ベースメイクシリーズ「アスタリフト ライティングパーフェクション」の開発

城内 美樹*, 立石 朋美*, 中村 和浩*, 柳 輝一*, 大軽 郁子*, 大平 乃梨子*,
吉田 那緒子**, 中村 崇市郎***, 池田 恵梨子****, 武田 靖子*****

Development of Base Makeup Series “ASTALIFT Lighting Perfection”

Miki KINAI*, Tomomi TATEISHI*, Kazuhiro NAKAMURA*, Terukazu YANAGI*, Ikuko OGARU*,
Noriko OHIRA*, Naoko YOSHIDA**, Soichiro NAKAMURA***, Eriko IKEDA****,
and Yasuko TAKEDA*****

Abstract

In recent years, market trends have shown increased demand for base makeup that offers a sheer-looking, flawless finish and does not look overdone. Conventional powders have a technical limitation: the more sheer-looking the finish is, the less likely it is that the pores, irregular skin tone, and dark spots will be concealed; the more intensive the powder coverage, the less sheer-looking the finish is. To address this, we developed “SAKURA AURA powder.” With this powder, we have launched the base makeup series “ASTALIFT Lighting Perfection,” which offers rich, sheer-looking, and cherry blossom-like skin without losing the coverage effect. This is achieved by the soft-focus effect of the powder, which allows more red light, making the skin look beautiful, to penetrate through and reflect on skin, and to shine back from inside of the skin.

1. はじめに

当社は、写真フィルムで培ったコラーゲン研究、抗酸化技術、ナノ化技術、光反応解析・制御技術などを応用し、化粧品「アスタリフト」を発売しました。2011年9月、日常生活シーンのさまざまな照明光源で「美しい肌色」を演じることができるライトアナライジング ファンデーションを上市、毛穴・色むら・シミなどをしっかり隠し「カバー力」を

顕著に実感できるとの好評を得てきました¹⁾。

しかし近年の市場トレンドでは、厚塗りに見えない「透明感のある美しい仕上がり」への要望が高まりました。そこでわれわれは「透明感を追求すると毛穴・色むら・シミがカバーできず、カバー力を求めると透明感が失われる」という従来の粉体の技術的課題に取り組み独自開発した「SAKURA AURA (サクラオーラ) パウダー」を配合し、肌を美しく見せる「赤色光」を多く透過・反射させ、肌内部から明るく照

本誌投稿論文（受理2014年12月12日）

* 富士フィルム（株）R & D統括本部

医薬品・ヘルスケア研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

* Pharmaceutical & Healthcare Research Laboratories

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

** 富士フィルム（株）R & D統括本部

画像技術センター

〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798

** Imaging Technology Center

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8538, Japan

*** 富士フィルム（株）R & D統括本部

解析技術センター

〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

*** Analysis Technology Center

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Nakanuma, Minamiashigara, Kanagawa

250-0193, Japan

**** 富士フィルム（株）R & D統括本部

先端コア技術研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

**** Frontier Core-Technology Laboratories

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

**** 富士フィルム（株）ライフサイエンス事業部

〒107-0052 東京都港区赤坂9-7-3

**** Life Science Products Division

FUJIFILM Corporation

Akasaka, Minato-ku, Tokyo

107-0052, Japan



Fig. 1 Makeup cosmetic “ASTALIFT lighting perfection” from the left, “pressed powder” for base makeup finish, the powder foundation “long keep pact UV,” and the liquid foundation “moist pure liquid UV”



Fig. 2 Makeup effect after makeup (left) and before makeup (right)

らし返すソフトフォーカス効果によって、「桜」のような「透明感」あふれる肌に仕上げると同時に「カバー力」も実感できるベースメイクシリーズ「アスタリフト ライティングパーフェクション」を上市しました (Figs. 1, 2) ^{2) 3) 4)}。

2. SAKURA AURA (サクラオーラ) パウダーの特徴「桜」と「美しい肌」の共通点

当社は、「女性の理想とする美しい肌」の検討過程で、写真の被写体として多くの人が美しいと感じる「桜」に着目しました。「桜の花びら」のみずみずしく透き通るような色感や美しさを肌の上で再現すれば「美しい肌」に近づくと考え、その光学特性を分析し、共通点を探しました。その結果、美しさのカギが光であること、「光を表面で全方向に、かつ均一に反射する」「黄色の光を吸収する」「光を内部に多く透過させ、深部から反射させる」という3つの共通点を見出し、

赤色光を巧みに操り、
さくらの光学特性を肌の上に再現



Fig. 3 “SAKURA AURA powder”

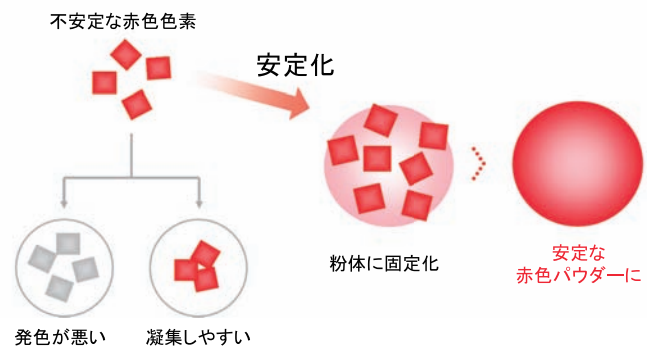


Fig. 4 Modification of an unstable red pigment to form stable red powder

その光学特性を肌の上で再現するために、独自粉体「サクラオーラパウダー」を開発しました (Fig. 3)。

3つの共通点は、以下にて説明します。

- 2.1. 「光を表面で全方向に、かつ均一に反射する」
- 2.2. 「黄色の光を吸収する」
- 2.3. 「光を内部に多く透過させ、深部から反射させる」

この「サクラオーラパウダー」は、肌色をくすませる黄色光を吸収する特性を持つ「赤色パウダー」と、肌表面で光を全方向に均一に反射する「白色パウダー」を組み合わせた光学粉体です。従来一般的なファンデーションで使われている赤色の顔料ではなく、赤色の光を効率的に肌に取り込むことのできる、濁りのない「赤色色素」を採用しました。しかし、この「赤色色素」は、非常に不安定な素材で、そのままファンデーションに配合することが難しい素材でした。そこで、当社はこの赤色色素を独自技術により粉体に固定化し、安定な赤色パウダーを開発しました (Fig. 4)。

2.1 表面の凹凸構造

「光を表面で全方向に、かつ均一に反射する」

「桜」と「美しい肌」、「加齢肌」の表面で反射される光について、光学顕微鏡とゴニオメーターにより、凹凸構造を観察し、光の強度と角度分布を測定しました。

光学顕微鏡観察から、「桜」と「美しい肌」は、表面の凹凸の大きさが均一に揃っているのに対し、「加齢肌」は凹凸の大きさがバラバラでした (Fig. 5)。

またゴニオメーター (円の大きさが反射光の強さを表し、正円に近いほど全方向に均一に光が反射することを示す) 測定から、「桜」と「美しい肌」は反射光が多く、全方向へ均一に反射するが、「加齢肌」は反射光が少なく、方向も偏っていました (Fig. 6)。

これらの結果から、「桜」と「美しい肌」は、表面の凹凸の大きさが均一であるため、全方向へ均一に光が反射するのに対し、「加齢肌」は凹凸の大きさがバラバラであるため、反射する方向が偏っていることが分かりました (Fig. 7)。理想的な肌の反射の光に近づけるために、われわれは肌表面で光を全方向に均一に反射する効果のある「白色パウダー」を独自粉体「サクラオーラパウダー」に配合しました (Fig. 8)。

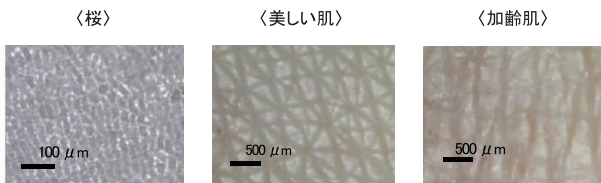


Fig. 5 Optical photomicrographs of the surface of a cherry blossom (left), beautiful skin (middle), and aged skin (right)

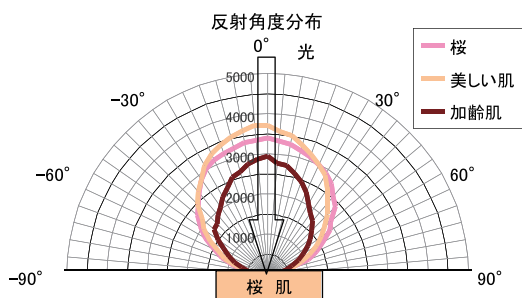


Fig. 6 Angle distribution of reflected light intensity (goniometer)

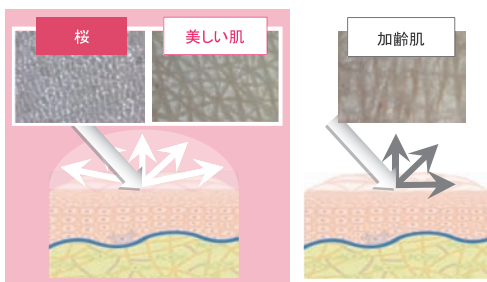


Fig. 7 Direction of the reflected light cherry blossom and beautiful skin (left) and aged skin (right).

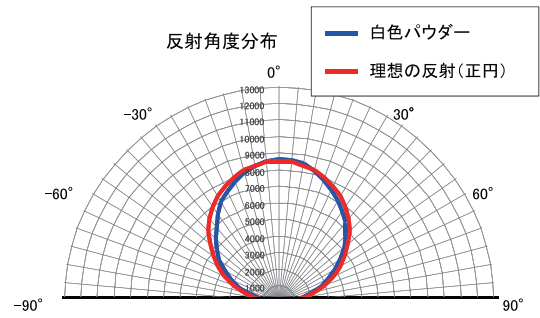


Fig. 8 Angular distribution of the reflected light intensity from white powder (goniometer)

2.2 「黄色の光 (肌くすみ) を吸収する」

私たちの生活空間を照らす波長570~600nmの黄色の光は、肌をくすんで見せる性質があります。

「桜」と「美しい肌」「加齢肌」の反射スペクトルを測定し、黄色光の吸収率差を数値で示しました (Fig. 9)。

「桜」と「美しい肌」は、黄色光の反射率の低下幅が大きく、「加齢肌」は黄色光の反射率の低下幅が小さくなっていました。

つまり、「桜」と「美しい肌」は、色をくすませる原因となる黄色の光を吸収することで、くすみの無い美しい色味が作られているのに対し、「加齢肌」は黄色の光でくすんで見えていることが分かりました。

そこで「サクラオーラパウダー」に、肌色をくすませる黄色光を吸収する「赤色パウダー」を配合しました。

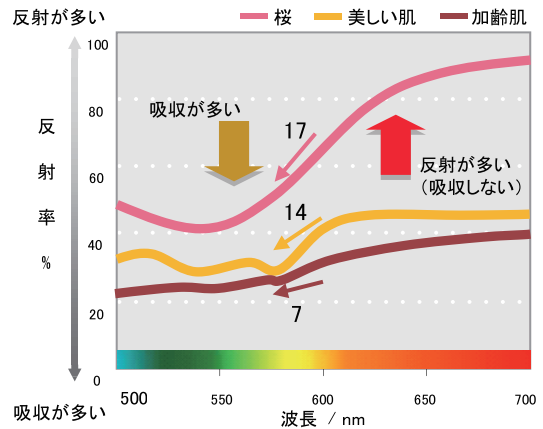


Fig. 9 Reflectance spectrum and decreased reflection ratio of yellow light

2.3 ワンショット可視分光SD-OCTで光を解析

「光を透過し、肌の深部から反射させる」

「桜」と「美しい肌」、「加齢肌」の内部を透過して戻ってくる光が、肌の奥のどの深さから反射してくるのか、光の光量はどのぐらいあるのかを解析しました。

医療分野のOCT装置は、非侵襲で生体組織の断層画像を撮影できるが、 μm 分解能での精緻なデータ取得には時間がかかり、長時間の固定が難しいヒトの肌の断面撮影は困難でした。また、近赤外光を光源としており、肌の光 (可視光)

の情報とは異なりました。そこでわれわれは、光源を可視光とし、一瞬で対象物の断層画像が得られる「ワンショット可視分光スペクトラルドメイン型 (SD型) 干渉断層画像解析装置 (OCT装置)」を開発しました。

特徴は、光学系を波長固定光源と分光器を用いて光干渉を行うスペクトラルドメイン型とし、光を線 (ライン) 状に集光させるシリンドリカルレンズ (CL) を組み込み、肌の内部から戻ってきた測定光を参照光と干渉させてシグナル像を強調することで、わずか数10msという瞬時の撮影が可能になりました (Fig. 10) ⁵⁾。

また光源を、白色光からカラーフィルターを通す設計とすることで、任意の波長の可視光による肌の断層画像の撮影が可能となりました。さらに複数の波長の光を同時に透過させる多波長同時透過フィルターにより、RGB (赤・緑・青) の光を同時に照射し、同じ箇所でのRGB分光断層画像を一度に撮影することも可能となりました。

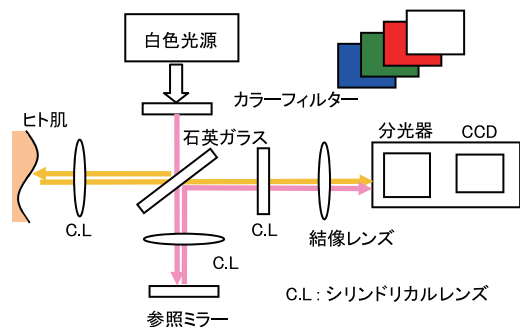


Fig. 10 Optical system of one-shot visible spectrometer SD-OCT

ワンショット可視分光SD-OCTを用いて「桜」と「美しい肌」、「加齢肌」の断層画像を撮影しました。画像の白い部分はその深さから戻ってくる光量が多いことを示し、黒い部分は少ないことを示しています (Fig. 11)。

「桜」と「美しい肌」は、肌のより深部から反射し、かつ光量も多い状態です。一方「加齢肌」は、肌の浅い部分から反射し、しかも光の光量が少ないことが分りました。

この結果から、光量が多く反射される「桜」と「美しい肌」は明るいため透明感があるように見え、「加齢肌」は明るくないため、濁ったようにくすんで見えていることが分りました。

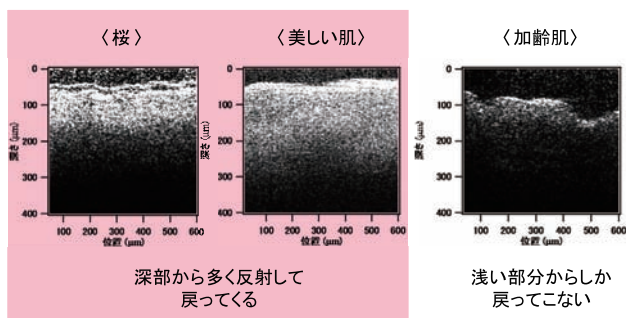


Fig. 11 Tomographic images of light reflected from under the skin cherry blossom (left), beautiful skin (middle), and aged skin (right).

3. 赤色光が肌を美しくするメカニズムを解明

一般的に、透明感や毛穴・色むら・シミの目立ちといった肌の見え方は、肌に当たる光の波長の違いによって大きく異なり、波長の短い青色光は毛穴・色むら・シミを目立たせるのに対して、波長の長い赤色光はそれらを目立ちにくくする性質があることが一般に知られています。しかし、そのメカニズムは解明されていませんでした。

「ワンショット可視分光SD-OCT」でさまざまな波長の可視光をあてたヒトの肌の断層画像を撮影し、毛穴・色むら・シミなどの肌トラブルと光の色の関係を解析しました (Fig. 12)。

「青色光」は、角質層と表皮層の浅い領域のみで、光を反射する皮膚の領域が薄く、光量も少ないことが分かりました。一方、「赤色光」は、肌深部の真皮上層まで多くの光が透過しており、光を反射する皮膚の領域が広く、また、多くの反射光が得られるため、肌を内側から照らし出しています。

つまり、肌に透明感を与えるメカニズムは光の浸透の深さと光量であり、反射肌深部まで光を多く透過させ、かつ多くの反射光を戻すことにより、毛穴・色むら・シミなどの肌トラブルを目立たせずに、肌に透明感を与えることが分かりました。

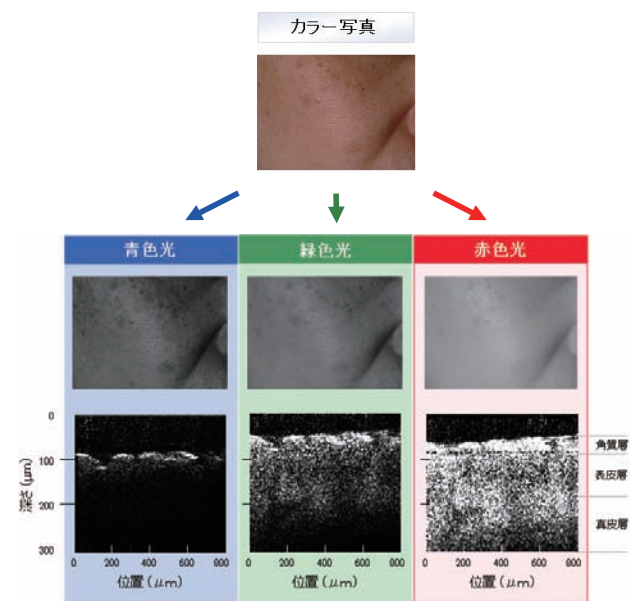


Fig. 12 Tomographic images of human skin with visible light of varying wavelength blue light (left), green light (middle), and red light (right).

次に、スリット評価法にて「赤色光」を細長いスリットを通して垂直に照射し、その照射位置から肌の内部を水平方向へ光が伝播する距離を測定しました (Figs. 13, 14)。

「サクラオーラパウダー」を配合したファンデーションの方が、「赤色光」の光が届く範囲が広く、伝播距離が長い (約3倍) ことが明らかとなりました。

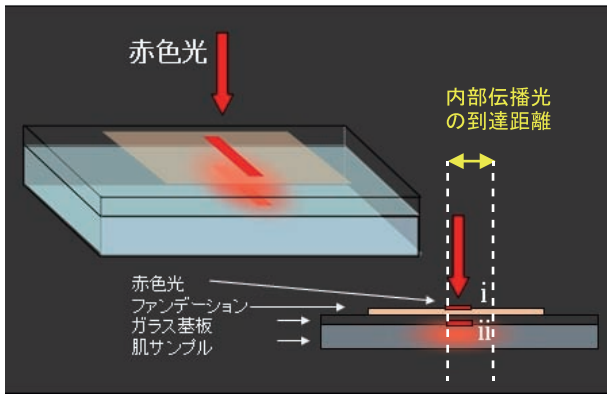


Fig. 13 Slit evaluation method (measurement of light traveling distance inside skin)

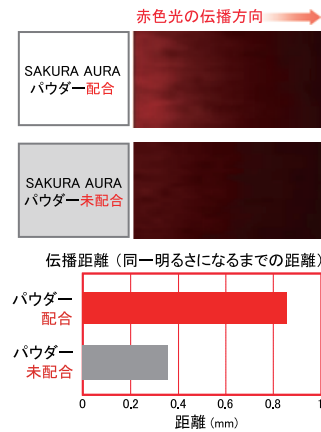


Fig. 14 Distance travelled by red light under the skin after SAKURA AURA powder application

4. メイクアップ効果「透明感」と「カバー力」の両立

4.1 透明感

「毛穴が目立つ肌」を模したシリコン製の肌レプリカにファンデーションを塗布し、肌レプリカの後方から光を照射し、透過する光の量を測定しました (Fig. 15)。透過する光量が少ないほど透明感が失われ、厚塗りに見え、透過する光量が多いほど透明感ある仕上がりとなります。

通常のファンデーションは、素肌と比べ、透過する光が半減するが、一方「サクラオーラパウダー」を配合のライティングパーフェクションは、ほぼ素肌と遜色ない量の光を透過することを確認しました。

4.2 カバー力

毛穴・色むら・シミなどの肌トラブルを含む領域をそれぞれ、「サクラオーラパウダー」配合のファンデーション塗布前、塗布後で撮影し、撮影した画像の明度を測定した (Fig. 16)。顔全体の中で色の明度 (明るさ) が一定量低減している小さな領域を「毛穴」、大きな領域を「色むら」と定義した。また、「シミ」は目視で確認した。画像全体にしめる毛穴・

色むら・シミと認識できた面積をパーセンテージで示し、その変化率を比較した。

毛穴・色むら・シミの面積が、「サクラオーラパウダー」配合のファンデーション塗布により大幅に減少することを確認しました。

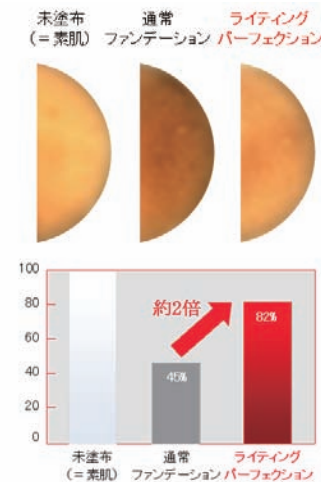


Fig. 15 Light transmission effect in a skin replica

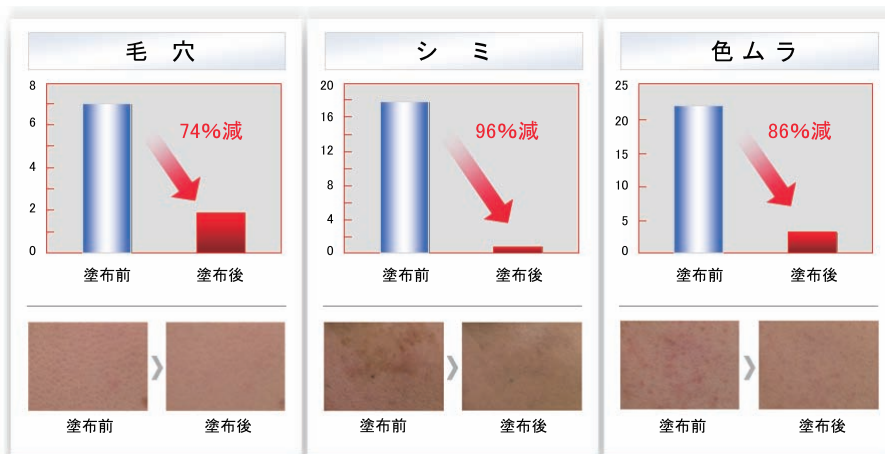


Fig. 16 Areas recognized as "pores," "irregular skin tone," and "dark spots" greatly decreased after applying the "ASTALIFT lighting perfection" foundation.

4.3 持続力

パウダーファンデーション「ロングキープパクトUV」は、汗や皮脂による化粧くずれやくすみを抑え、朝メイクしたときと同じ質感や色味を保つ持続力が特長です。ふんわりと柔らかな肌印象とさらさらな質感に仕上げます。パウダーファンデーションを塗布してから6時間後のヨレと崩れを解析しました (Fig. 17)。鼻の周囲と横に若干変化が観測されましたが、見た目には影響はありませんでした。

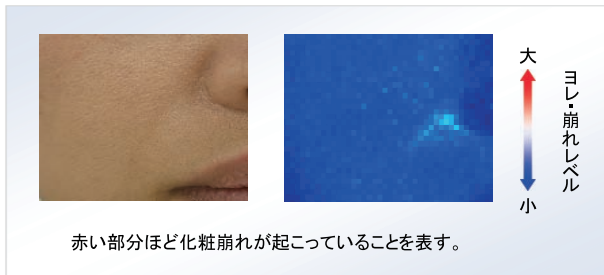


Fig. 17 Makeup endurance of the powder foundation "long keep pact UV" measured 6 hours after application

4.4 肌の水分量

リキッドファンデーション「モイストピュアリキッドUV」は、スキンケア成分「アスタキサンチン」や「リコピン」, 「3種のコラーゲン」を配合し、みずみずしい肌を保つ高いスキンケア効果が特長です。みずみずしくツヤのある肌印象としっとりとした質感に仕上げます。

スキンケア効果について、肌の水分量の時間変化を測定しました (Fig. 18)。素肌に比べ、長時間に渡り肌の水分を保っていることを確認しました。

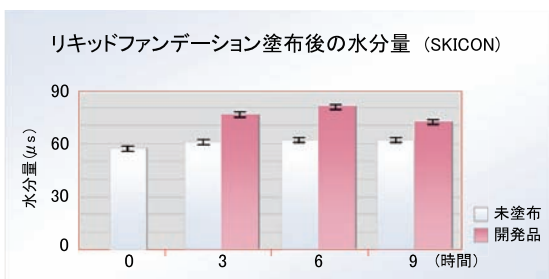


Fig. 18 Moisturizing effect of the liquid foundation "moist pure liquid UV"; changes in skin moisture over time

5. まとめ

写真の被写体で誰もが美しく感じる桜の花びらを、「ワンショット可視分光SD-OCT」で光学的に解析。桜の光の特性を持つ光学粉体「サクラオーラパウダー」を開発し、ファンデーションに配合した。カバー力と透明感を両立、すなわち素肌とほぼ遜色がない光透過量を持ちながら、毛穴・色むら・シミなどの肌トラブルをカバーしたベースメイク化粧品により、女性の理想とする「美しい肌」をメイクアップ効果で実現しました。

今後も写真で培った技術を「理想とする美しい肌」のために活用し、新しい着眼点とサイエンスに裏付けられた「富士フィルム」ならではの商品開発を通して女性の「美しさ」向上に貢献していきます。

参考文献

- 1) 中村和浩ほか. 「アスタリフトライトアナライジングモイスターファンデーション」の開発. FUJIFILM Research & Development. 2012, no.57, p.11-14.
- 2) “赤色光が肌を美しく見せるメカニズムを解明”. 富士フィルム ニュースリリース. 2014-06-19. http://www.fujifilm.co.jp/corporate/news/articleffnr_0884.html.
- 3) “「桜」と「美しい肌」の光学特性の共通点を発見”. 富士フィルム ニュースリリース. 2014-06-23. http://www.fujifilm.co.jp/corporate/news/articleffnr_0885.html.
- 4) “「桜」のような透明感あふれる肌に仕上げるベースメイクシリーズ 光をコントロールして、肌を美しく見せる独自粉体「サクラオーラパウダー」配合「アスタリフトライティングパーフェクション」新発売”. 富士フィルム ニュースリリース. 2014-06-30. http://www.fujifilm.co.jp/corporate/news/articleffnr_0888.html.
- 5) 吉田那緒子, 谷武晴, 礮秀康, 納谷昌之. 光干涉断層像と偏光画像の画像解析による肌の透明感・にごりの評価. FRAGRANCE JOURNAL. 2013, 41(3), p.29-35.

商標について

- ・本報告中にある「アスタリフト」, 「ASTALIFT」, 「ASTALIFT LIGHTING PERFECTION」, 「SAKURA AURA」は富士フィルム (株) の登録商標です。
- ・その他, 本論文で使われている会社名, システム・製品名は, 一般に各社の商標または登録商標です。

N-ビニル化合物を用いたUVインクジェットインクの高機能化について

梅林 励*, 幕田 俊之*, 田邊 守**, 芝本 匡雄**, 浜本 貴紀**

High Functionality of UV Inkjet Inks Produced by Combining an N-vinyl Compound

Tsutomu UMEBAYASHI*, Toshiyuki MAKUTA*, Mamoru TANABE**, Tadao SHIBAMOTO**,
and Takahiro HAMAMOTO**

Abstract

Demand continues to increase for digitized signs such as large-scale indoor and outdoor advertisements, posters, and retail store POPs; such digitized products may be fabricated by vacuum molding or heat molding. To meet the growing demand, the Fuji Film group has conducted research and development projects for highly functional ultraviolet (UV) ink-jet inks. Since 2010, the Fuji Film group has launched a high-sensitivity ink and a vacuum-molding ink. High sensitivity and fitness for vacuum molding were accomplished by combining an N-vinyl compound (NVC) with an acrylate compound, which has been widely used in UV ink-jet inks. The purpose of this report is to describe how the NVC contributes to the increased sensitivity and to suitability as a vacuum-molding ink. First, we discuss how the NVC improves the sensitivity of a UV ink-jet ink, then we explain the role the NVC plays in a vacuum-molding ink.

1. 緒言

屋内外の大型広告、ポスター、店頭POP等のサインディスプレイ印刷市場では、2000年頃にデジタル化が進行し、UVインクジェットインクを搭載したワイドフォーマットインクジェットプリンターの使用が拡大した。昨今、同市場では、生産性向上、メディア種類拡大、画質向上、省電力化など、顧客ニーズが細分化されてきた¹⁾。また、デジタル化が遅れていた真空成型・加熱成型されたサインディスプレイ製品についても、工程短縮化・グラフィカルデザインの要求が強まり、UVインクジェットインクの真空成型適性のニーズが聞かれるようになってきた。富士フイルムグループは、これらの要望に応えるべく、UVインクジェットインクの高機能化の研究開発に取り組み、2010年以降、高感度インク、真空

成型インクなどをラインアップしてきた。これらのインクの高感度化や真空成型適性は、従来からUVインクジェットに広く用いられてきたアクリレート化合物 (Fig. 2) に、N-ビニル化合物 (Fig. 1) を併用することで達成されている。

本稿の目的は、高感度インク、真空成型インクにおけるN-ビニル化合物の機能を理解することである。第一に、N-ビニル化合物によるUVインクジェットインクの高感度化のメカニズムの検証を行った。第二に、真空成型インクにおけるN-ビニル化合物の機能を検討した。



Fig. 1 Example of an N-vinyl compound for UV IJ inks.

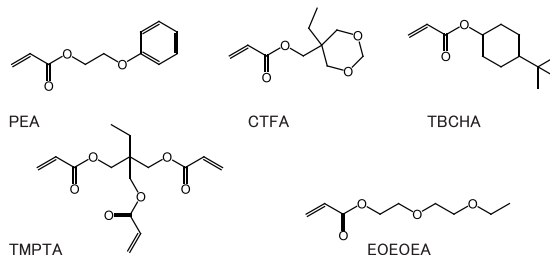


Fig. 2 Example of an acrylate compound for UV IJ inks.

本誌投稿論文 (受理2015年1月14日)

*富士フイルム (株) R & D 統括本部

アドバンスト マーキング研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

*Advanced Marking Research Laboratories

Research & Development Management Headquarters

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

**富士フイルム (株) R & D 統括本部

解析技術センター

〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

**Analysis Technology Center

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Nakanuma, Minamiashigara, Kanagawa

250-0193, Japan

2. 高感度インクにおけるN-ビニル化合物の機能

2012年に上市したLED搭載プリンター「Acuity1600LED」用のインク（商品コード：LL）をはじめ当社の高感度インクには、N-ビニル化合物とアクリレート化合物を一定比率で混合することにより高感度になるという特性が活かされている²⁾。Fig. 3はその特性の一例である。インク中の全重合性化合物に対するNVCの比率を約20～50%にすることによって、少ないUV照射回数でタックフリー（表面のべつき無し）にすることができる。すなわち、NVC比率を20～50%にすることで硬化感度が高くなる。

この「アクリレート化合物とN-ビニル化合物を混合した系が各々の単独系に対して感度が高くなる」特性のメカニズムについて、各素過程（(i) 開始反応、(ii) 成長反応、(iii) 停止反応）に切り分けて検証した。

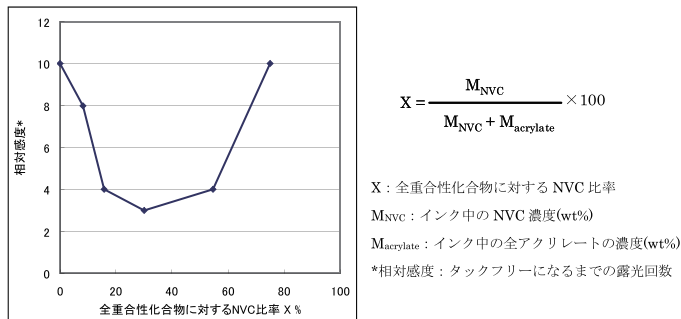
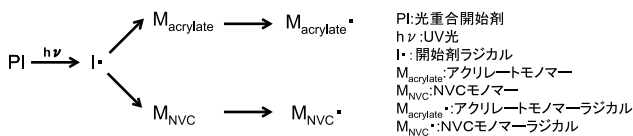


Fig. 3 Relation between curing sensitivity and the NVC ratio in total polymerizable compounds in inks.

(i) 開始反応



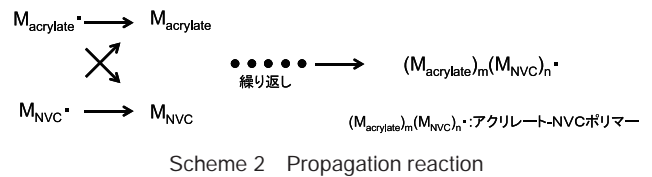
Scheme 1 Radical generation and initiation reaction

ナノ過渡吸収測定法によって測定した、開始剤ラジカル（アシルフォスフィンオキサイドから発生するPラジカル）とN-ビニル化合物、および、アクリレート化合物との開始反応速度をTable 1に示す。アクリレート化合物に対して、NVCは、おおよそ一桁高い反応速度定数を有することが分かった。

Table 1 Initiation reaction rates for the P radical and each monomer; reaction rates estimated by nanotransient absorption measurements.

monomer	$k_i \times 10^8 / M^{-1}s^{-1}$
NVC	1.7
TBCHA	0.2
EOEOEA	0.06

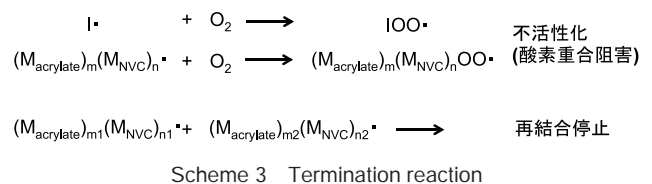
(ii) 成長反応



リアルタイムIR測定によると、N-ビニル化合物だけでは、二重結合消失が進行しない（Fig. 4-1）。すなわち、N-ビニル化合物上のラジカルは、N-ビニル化合物への重合反応に対して活性が低いことが示唆された。これに対して、アクリレート化合物を混合することにより、二重結合消失が加速されることが分かった（Fig. 4-2）。これらの結果から、N-ビニル化合物上のラジカルは、アクリレート化合物への重合反応に対して十分な活性を有すると考えられる。

また、N-ビニル化合物とアクリレート化合物を30：70で混合したインクにおける生成ポリマーのNMR分析によると、生成ポリマー中のN-ビニルモノマーとアクリレートモノマーの構成比は、おおよそ30：70であった⁴⁾。したがって、アクリレート化合物上のラジカルはN-ビニル化合物への重合反応に対して十分に高い活性を有することが示唆される。

(iii) 停止反応



ラジカル重合における停止反応は、主にラジカルと酸素との反応により、活性の低いパーオキシラジカルが発生することにより説明できる。これまでの検討では、酸素との反応性について、NVC化合物が、アクリレート化合物に対して特筆すべき特性を有することは確認されていない。

これらの解析結果から推定される、N-ビニル化合物によるUVインクジェットインクの高感度化のメカニズムは下記の通りである。

一般的にアクリレートを主体としたラジカル系UVインクジェットインクは、スクリーンインクなどのアナログUVインクと比較して粘度が低いため、大気中からの酸素が拡散・進入しやすく、酸素による重合阻害の影響を強く受けると言われている³⁾。そのため、UVインクジェットインクの感度を向上させるには、酸素重合阻害の停止反応（iii）に対して、開始反応（i）と成長反応（ii）の反応を相対的に高めることがひとつの手段となる。①N-ビニル化合物の開始剤ラジカルとの高い反応性が、N-ビニル化合物を用いたインクの開始反応を高めることに寄与する。ただし、N-ビニル化合物ラジカルとN-ビニル化合物との反応性は低いため、インクモノマーをN-ビニル化合物だけで構成した場合は、成長反応は進行せず、硬化感度は低くなる。これに対して②N-ビ

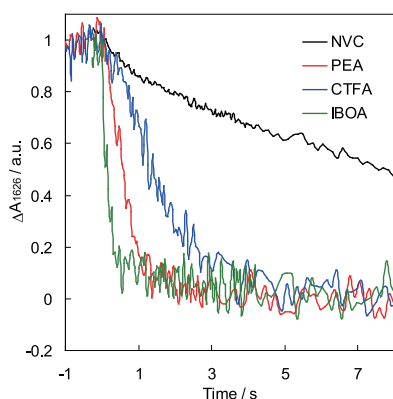


Fig. 4-1 Results from IR measurements for a polymerization system in the presence of an acrylate compound and in the presence of an N-vinyl compound. The measurements determined, from the start of irradiation ($t = 0$ s), the change in absorption ($\lambda = 1626 \text{ cm}^{-1}$) caused by double bonds.

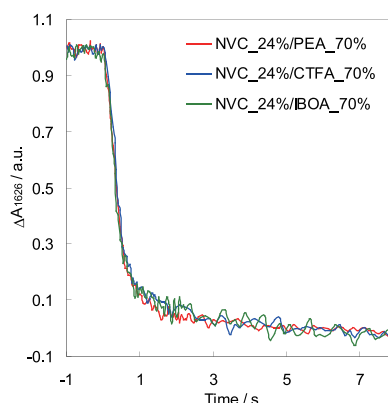


Fig. 4-2 Same as in Fig. 4-1 but in the presence of both an acrylate compound and an N-vinyl compound.



Fig. 5 Examples of a vacuum-forming product digitally molded by an UV inkjet ink (KV). These examples show trial productions of the dashboard of a car (left) and of a three-dimensional signboard used at stores and other commercial facilities.

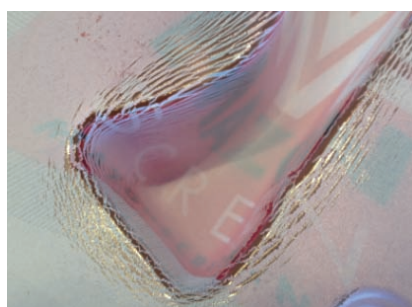


Fig. 6 Example of a crack. A linear crack formed mainly on a part of the edge of a three-dimensional object. When the sample is molded normally, it becomes uniformly white.



Fig. 7 Example of blocking. After printing, the print side and the backside were placed on top of each other. After storing for 24 hours, blocking occurred in which an ink film (black) became attached to the backside (white matrix).

ニル化合物ラジカルのアクリレート化合物との反応性は十分に高いため、両者の混合により、成長反応の速度低下を防ぐことが可能となる。これら①、②により、アクリレート化合物とN-ビニル化合物を一定比率で混合した系が、それぞれの単独系に対して感度が高くなる。

3. 真空成型インクにおけるN-ビニル化合物の機能

2014年春に上市した真空成型インク（商品コード：KV）は、真空成型製品へのデジタル印刷を用いた加飾を可能にし、製造・開発工程の短縮化、デザインの多様化など、多くのユーザーメリットをもたらした（製品の例をFig. 5に示す）。同インクの真空成型適性は、硬化膜が室温では硬く、高温（80

～200℃）で1000%の延伸性を有するほど柔らかくなる膜物性によって達成される。この特徴的な膜物性も、N-ビニル化合物を用いることで得られる機能のひとつである。

既存のワイドフォーマットグラフィック用に設計されたUVインクジェットインクを用いて真空成型を施した場合、加飾層（インク膜）にクラックが発生する（Fig. 6）。このクラックの原因は、インク膜を構成する重合ポリマーの架橋密度が高く、成型時（高温状態）に十分な延伸性を持たないことによって説明できる。これまでの検証では、1000%以上（PET基材／200℃加熱）の加熱延伸性を付与するために許容されるインク中の架橋成分（多官能モノマー）は、限りなくゼロに近い。すなわち、インクに用いる重合性希釈剤は、単官能モノマーだけで構成する必要がある。

他社から発売されている真空成型インクは、単官能モノマーだけで構成され、架橋密度を下げることで、高温で優れた延伸性が付与されている。しかし、架橋密度を下げることの弊害として、ブロッキングの懸念がある。これは、室温(25℃前後)で印刷物を重ねて保管した場合に、インク膜が基材に貼りつく故障であり (Fig. 7)、ユーザーが印刷物の保管方法に十分に気をつける必要がある。

KVインクは、“架橋成分フリー化”と“N-ビニル化合物”の2つの処方技術により、クラックとブロッキングの両方を回避することに成功した。①架橋成分無インク(NVC有り)と、②架橋成分有インク、③架橋成分無インク(NVC無し)の粘弾性の測定結果、および、それぞれの重合膜の概念図 (Fig. 8) により、クラック回避とブロッキング回避の両立の機構を以下に解説する。

②の架橋成分有インクは、成型温度(>80℃)で弾性率が過剰に高い。この場合、加熱により軟化した基材の変形に、硬い状態のインク膜は追従できずにクラックが発生する。

③の架橋成分無インク(NVC無し)は高温での弾性率が十分に低くなり、加熱により基材と同程度に軟化され、成型によるクラックの問題は回避できる。しかしながら、室温では弾性率が低すぎる。すなわち、膜が柔らか過ぎるため、重ねて保管した場合、ブロッキングの問題が発生する。

KVインクに相当する①のインク膜は、架橋なし線状ポリマーで構成することで、成型温度(>80℃)では加熱により十分に軟化可能な低い弾性率を有する。さらに、線状ポ

リマーはN-ビニル化合物によって修飾されている。N-ビニル化合物は、硬い環状の骨格を有しており、その硬化膜は弾性率が高く、また、室温よりも高いTg(ガラス転移温度)を有する(例えば、NVPはTg=80℃、NVCはTg=90℃)。この硬い骨格による線状ポリマーの修飾で、弾性率が上がり、室温ではブロッキングを回避するのに十分な硬い膜を形成することが可能である。

4. まとめ

2010年以降、当社が開発してきた高感度インク、真空成型インクに活かされているN-ビニル化合物の機能について検証した。高感度化のメカニズムは、「N-ビニル化合物と開始剤ラジカルとの反応性が極めて高いこと」および、「N-ビニル化合物ラジカルとの反応性が十分に高いこと」の2点で説明できることが分かった。また、真空成型インクに用いられているN-ビニル化合物は、架橋密度を上げることなく線状ポリマーの室温範囲での弾性率を向上させる機能を有することが分かった。

参考文献

- 1) 笠井清資. UVインクジェットシステムの現状と将来展望. 日本印刷学会誌. 2008, 45(6), p.602-608.
- 2) 佐藤武彦. ワイドフォーマットUVインクジェットプリンター. 日本印刷学会誌. 2013, 50(5), p.407-412.
- 3) Caiger, Nigel; Herlihy, Shaun. "Oxygen Inhibition Effects in UV-Curing Inkjet Inks". IS&T's NIP15:International Conference on Digital Printing Technologies. Orlando, 1999-10-17/22, IS&T. 1999, p.116-119.

商標について

・本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

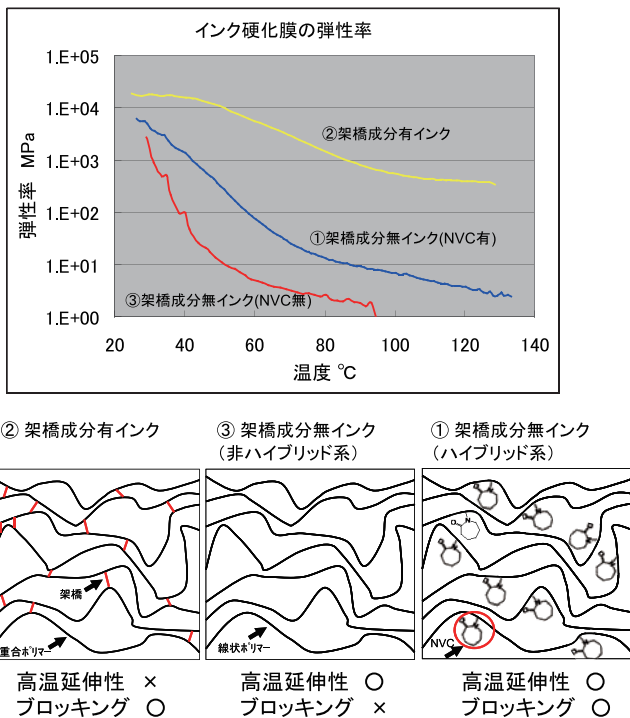


Fig. 8 Results from viscoelasticity measurements and schematic diagrams of polymerized films for (1) ink without the crosslinking component (but including NVC), (2) ink containing a crosslinking component, and (3) ink without a crosslinking component (but not including NVC).

新聞CTP版ロングライフ処理システムの開発

渡辺 年宏*, 落水 朋樹*

Development of a Long-life Processing System for Newspaper CTP Plates (LL-6)

Toshihiro WATANEBE* and Tomoki OCHIMIZU*

Abstract

We have developed the "ECONEX NEWS LL-6KIT" for the newspaper printing industry. The LL-6KIT reduces the amount of waste fluid by improving the processing performance of thermal negative CTP processing systems. By installing the LL-6KIT in an existing machine, the processing performance of a conventional newspaper CTP system can be increased by a factor of six. We have decreased the number of waste fluids in two ways. The first is by designing a new circulation that redistributes precipitates in the developer tank; an additive is introduced to control accumulation of aluminum when washing in clear water. The second is a technology that involves distillation to concentrate waste fluids of both developer and washing water. Additionally, some machine parts have been newly designed. Consequently, it is now possible to extend liquid exchange every six months, and the amount of exhaust CO₂ is reduced because of the significant reduction in the amount of waste fluids.

1. はじめに

近年、印刷業界では環境負荷低減の取り組みが進められており、日本印刷連合会のグリーンプリンティング認定制度など環境負荷の少ない印刷システム採用を促す活動が広がっている。

当社は印刷業界向け商品の環境対応に早くから着手し、オフセット印刷版のプロダクトライフサイクルを通じて幅広く環境配慮設計や製造技術開発等を行ってきた。特に、新聞市場に向けた環境対応商品を以下に挙げる。

<富士フィルムグラフィック市場（新聞分野）向け環境配慮システム>

- ・省エネ、省スペースのオープンレスサーマルネガCTP版「HN-N」（2004年）¹⁾
- ・プレ水洗レス、合紙レスで省資源、廃棄物削減を実現した、CTP（Computer To Plate）版「HN-N II」（2007年）²⁾
- ・産業廃棄物である現像廃液を濃縮する廃液削減装置「XR-2000/5000」（2009年日本新聞協会技術奨励賞受賞）³⁾
- ・印刷性能の向上により、損紙減を追求した、CTP版材「HN-NV」（2009年）
- ・CTP版の支持体であるアルミニウムを同じCTP版支持体にリサイクルする「PLATE to PLATEシステム」（産業環境

管理協会2012年度資源循環技術・システム表彰奨励賞受賞）

- ・ダウンサイジングによる、省資源型4×1印刷機向け自動現像機「LP-940NEWS」（2012年）

これらの取り組みの延長として、今回、新聞印刷用サーマルネガCTP版HN-NVシステムに、処理能力向上による環境性能を付与する、新聞用自動現像機ロングライフ化キット「ECONEX NEWS LL-6KIT」を開発した（Fig. 1）。



Fig. 1 ECONEX NEWS SYSTEM & LL-6KIT

本誌投稿論文（受理2014年12月5日）

*富士フィルムグローバルグラフィックシステムズ株式会社
生産開発本部 開発センター
〒421-0396 静岡県榛原郡吉田町川尻4000

*Research & Development Center
Production, Research & Development Headquarters
FUJIFILM Global Graphic Systems Co.,Ltd.
Kawashiri, Yoshida-cho, Haibara-gun, Shizuoka
421-0396, Japan

2. 開発コンセプト

国内新聞分野において、「紙面品質向上」と「省資源」（材料・工数・エネルギー・排出量・水使用量等の削減）は重要な課題である。

新聞用CTP版は、「LP-1310NEWS II」自動現像機との組み合わせで1ヶ月（または3,000㎡）毎の母液交換（全浴同時）を推奨しているが、複数の刷版製作ラインを所有する新聞社では液交換頻度が多く（4ライン所有ならほぼ毎週）、刷版現場の大きな負荷となっていた。商業印刷向け環境対応CTPシステム「ECONEX II」で実現した6ヶ月（または30,000版）と同様の処理能力アップが実現できれば、液交換作業の負荷低減以外に、液交換時に発生する母液廃液および一次洗浄廃液の削減により、環境負荷低減と廃液処理コスト削減、および薬品コストの削減が期待できる。また、既存の版・処理液は変更せず、既存自現機は入れ替えず、簡素なアップグレード改造で対応できれば、顧客の不安も少なく設備投資の抑制や廃棄物低減にも貢献でき、安心して導入が可能となる。さらに、液交換に関わる作業員の負担軽減と本作業に関わっていた作業工数を他の作業に充填でき、作業効率アップにも貢献できる。

そこで、新聞用CTP版処理システムにおいても、6ヶ月（または18,000版）のロングライフ化を実現し、環境対応、省資源に貢献することを目標にECONEX NEWS LL-6KITの開発に着手した。

3. 新聞CTP処理システムの特徴と課題

現行新聞用処理システムは自動現像機（Fig. 2）内の現像浴中に青色沈殿物（Fig. 3）が発生し、この堆積量により処理能力1ヶ月（または3,000㎡）が設定されている。

新聞用CTP版のラジカル重合方式の感光層は、赤外感光性増感色素、ラジカル発生剤、重合性モノマー、アルカリ可溶性バインダー、着色剤等から成る。赤外レーザー露光で励起された増感色素からラジカル発生剤に電子移動することでラジカルが発生し、重合性モノマー間のラジカル連鎖反応にて画像形成する。刷版に必要な検版性を付与する着色剤は、重合禁止作用のない着色剤を使用しているが、一方でアルカリ現像液に不溶なため、現像液中に沈殿してしまう。



Fig. 2 The plate processor & developing process for newspaper CTP plate



Fig. 3 Precipitation in a present developer tank

課題明確化のため、現行システムによる長期処理テストを行ったところ、最も沈殿しやすい部分は現像浴内の循環液流の弱い部分、かつ刷版搬送ラインが浴底部に近い部分であり、2ヶ月（かつ6,000㎡）時点で搬送ラインに近い高さまで堆積することが判明した。社内評価ではこの時点での沈殿物による外観性能および印刷性能の劣化は認められなかったものの、さらに堆積が進んだ場合の処理版への悪影響や自動現像機内の汚れ堆積による洗浄性劣化が懸念された。

また、並行して実施した市場調査では、現像浴沈殿物堆積の他に、数年使用した自動現像機の水洗部で配管詰まりが散発していることが判明した。

これらのことから、現行システムの処理ロングライフ化では、現像浴内の感光層均一分散、水洗浴循環系（およびドレイン配管内）の析出抑制、および自動現像機内の疲労現像液乾燥固着抑制の3点を技術開発課題とした。

4. ECONEX NEWS LL-6 KITの技術

4.1 現像浴内の感光層均一分散技術

過去に非溶解性着色剤の沈殿物を取り除く研究を行ったが、濾過方式や沈殿方式などの除去装置は予想した効果が得られず断念した。そこで、現像浴内の着色剤分散性向上により沈殿を抑制し、オーバーフロー廃液と共に排出するシンプルな沈殿物除去メカニズムを考案した。設計のイメージ図を記す（Fig. 4）。

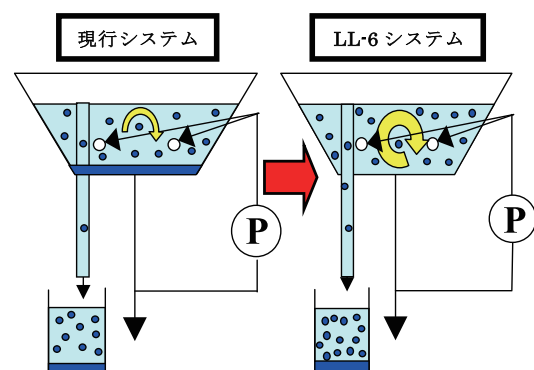


Fig. 4 Model chart of precipitation decentralization

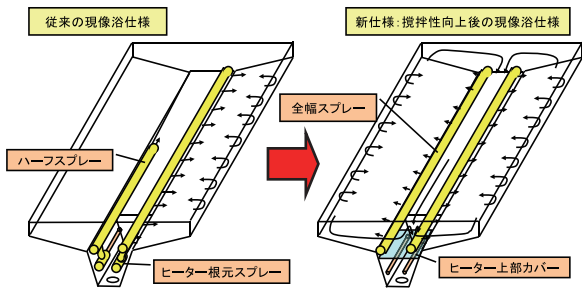


Fig. 5 Re-blueprint on circulation style in developer tank

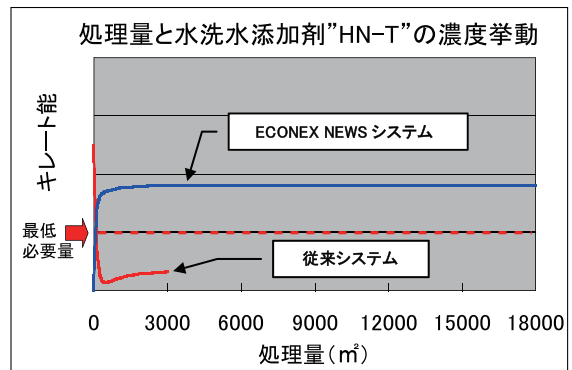


Fig. 7 Change in chelating capacity by HN-T

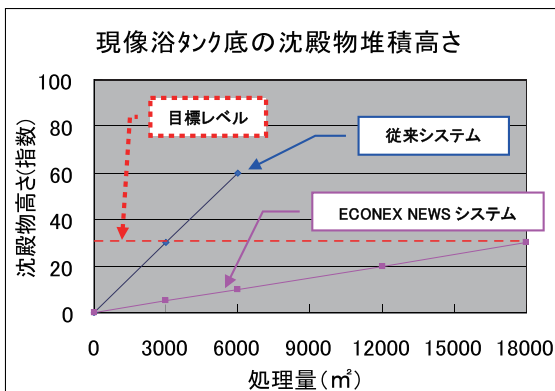


Fig. 6 Amount of precipitation in developer tank



Fig. 8 Image of ECONEX NEWS system

現状、現像浴内の攪拌性が弱い後方部の循環流量を高め、現像浴全体の攪拌性も均一化し、かつ沈殿速度を遅らせるために、循環ポンプの容量をアップした。さらに、最も効率よく置換できるような沈殿物誘導循環流路を考察し、液中スプレーの形状と配置を再設計した (Fig. 5)。

最も沈殿物が堆積しやすい現像タンク浴中央部の沈殿物高さの変化を示す (Fig. 6)。

4.2 水洗浴循環系（およびドレイン配管内）の水酸化アルミ析出抑制技術

水洗浴循環配管や廃液配管が詰まるトラブルは数社から指摘があり、析出物を解析した結果、水酸化アルミニウムであることが判明した。今回、処理ロングライフ化で液交換サイクルが長期化することから、水洗配管内の析出防止策を検討した。発生メカニズムは、「アルカリ現像液中に刷版からアルミニウムが溶出、高アルカリ液である現像液中では溶解しているものの、版面を介して水洗部に持ち込まれた現像液中のアルミニウムは、pH低下により水酸化アルミニウムとなって水洗部の配管に析出している。」と推定した。水洗水のpHが低下しても析出を抑制するため、キレート効果のある水洗水添加剤「HN-T」を商品化し、水洗浴に定量添加を行うこととした。

ランニング時の水洗水中アルミニウム濃度の変化を調べ、

キレート能の最低必要量を明確化し、水洗水添加剤の添加量を設定した。従来システムとECONEX NEWSシステムのキレート能シミュレーション結果を示す (Fig. 7)。

4.3 自動現像機内の疲労現像液乾燥固着抑制

現状1ヵ月毎の液交換周期では途中メンテナンスを行っていないケースが多いため、目標の6ヶ月（または18,000m³）運用でも途中メンテナンス不要を目標とした。

ロングライフ化の技術として、フィニッシャーローラーの自動洗浄機能や駆動ギア乾燥防止機能等の自動現像機内乾燥抑制構造を採用したほか、感光層成分を含む疲労現像液が付着と乾燥を繰り返す部分の部品も乾燥抑制機構を組み込んで再設計し、連続3日停止を含む6ヶ月の洗浄不要を可能とした。

5. まとめ

現行自動現像機LP-1310NEWS IIに環境対応性能を付与することが、ロングライフ化キットECONEX NEWS LL-6KIT開発の目的であり、廃液削減装置「XR」、再生水再利用装置「XR-R」と組み合わせ、ECONEX NEWSシステムを構築した (Fig. 8)。

このシステムで達成した大幅な廃液量削減について、CO₂排出量（LCA値）を用いて比較検証した結果、狙い通り処理剤廃棄工程でのCO₂排出量を大幅に削減できることを確認した。結果を以下に示す（Fig. 9）。

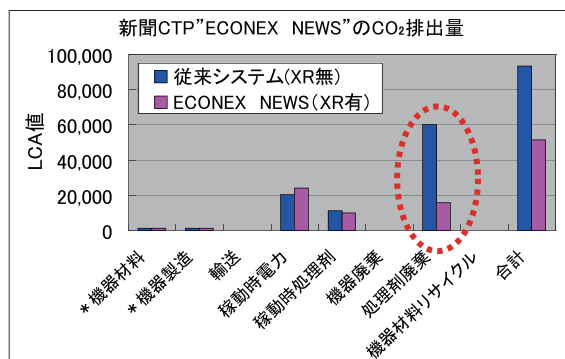


Fig. 9 Carbon-dioxide emissions of ECONEX NEWS system

参考文献

- 1) 後藤孝浩, 國田一人, 谷中宏充. 新聞用サーマルネガCTPシステム「HN-N」の開発. FUJIFILM Research & Development. 2005, no.50. p.55-59.
- 2) 有村啓佑, 遠藤章浩. 新聞用サーマルネガCTP HN-N IIの開発. FUJIFILM Research & Development. 2004, no.54. p.6-9.
- 3) 渡辺年宏, 落水朋樹, 五井博, 山本秀人. “CTP版用廃液量削減処理システムの開発”. 第130回日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 2013, A-02.

商標について

- ・本報告中にある「PLATE to PLATE」「ECONEX」は富士フイルム（株）の登録商標です。
- ・その他、本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

6. おわりに

本報告のECONEX NEWS LL-6KITは、現行自動現像機LP-1310NEWS IIに取り付けることにより、これまでと同じ品質を維持しながら、処理剤廃棄時のCO₂排出量を約1/4に削減し、新聞CTP版の環境性能を飛躍的に向上させる、画期的な処理システムである。

このシステムが多くの新聞社の自動現像機に取り付けられ、国内新聞分野における「省資源」(材料・工数・エネルギー・排出量・水使用量等の削減)に大きく貢献できることを期待している。

印刷発表リスト

題 目	著 者	報 告 誌
TOF-SIMS imaging of halide/thiocyanate anions and hydrogen sulfide in mouse kidney sections using silver-deposited plates	NAYA Masayuki MAEKAWA Toshihiko YAMAZOE Shougo AKAHOSHI Noriyuki* 他	日本生化学会大会 (Web). 85th, WEB ONLY 3P-430. (2012)
哺乳類培養細胞を用いる染色体異常試験における各種細胞増殖抑制測定法の比較検討～薬物暴露により細胞が肥大するケースについての考察～	田原 春菜 吉沢 広江 下田 美裕紀 梅屋 直久 芝井 亜弥 佐藤 洋 藤田 正晴 日置 孝徳 笠原 利彦	J Toxicol Sci. 37(Supplement 1), S243. (2012.07)
新規Cys誘導体を用いたアクリレートの感作性予測	藤田 正晴 丸山 裕子 湯浅 敦子 神保 良弘 笠原 利彦 日置 孝徳	J Toxicol Sci. 37(Supplement 1), S277. (2012.07)
顔画像の構成要素に基づいた画質修正アルゴリズムに関する研究 (I:注目点の位置座標の有効性検討)	内山 高夫 山本 昇志* 他	日本写真学会誌. 75(5), p.396-407. (2012.10.25)
銀塩写真感光材料に記録された放射線飛跡の蛍光標識化による検出	大石 恭史 久下 謙一*	日本写真学会誌. 75(5), p.444. (2012.10.25)
医用画像工学関連商品の早期市場導入に果たすレギュラトリーサイエンスの役割・重要性	早乙女 滋 伊藤 広貴	日本医用画像工学会大会予稿集 (CD-ROM). 32nd, ROMBUNNO.SP2-2. (2013)
CT画像をベースにした形状に基づく横隔膜の運動シミュレーション	大倉 孝之* 他	日本医用画像工学会大会予稿集 (CD-ROM). 32nd, ROMBUNNO.PP2-25. (2013)
Thin Organic Photoconductive Film Image Sensors with Extremely High Saturation of 8500 electrons/ μm^2	IMADA Yuuki ASANO Hideki INOMATA Hiroshi KOGUCHI Hideyuki IHAMA Mikio MISHIMA Yasuyoshi MORI Mitsuyoshi* 他	Dig Tech Pap Symp VLSI Circuits. 2013, p.255-256. (2013)

題 目	著 者	報 告 誌
Negative tone imaging process and materials for EUV lithography	TARUTANI Shinji NIHASHI Wataru HIRANO Shuuji YOKOKAWA Natsumi TAKIZAWA Hiroo	Proc SPIE. 8682, 868214.1-868214.6. (2013)
LWR study on resist formulation parameters	TARUTANI Shinji INOUE Naoki TSUBAKI Hideaki CHO Kyoungyoung* 他	Proc SPIE. 8682, 868217.1-868217.7. (2013)
Anti-Oxidative Properties of Astaxanthin and Related Compounds	MORI Junichi YOKOYAMA Hiroshi SAWADA Toshihiko MIYASHITA Yousuke NAGATA Kouzou	Mol Cryst Liq Cryst. 580, p.304-309. (2013)
Thin Organic Photoconductive Film Image Sensors with Extremely High Saturation of 8500 electrons/ μm^2	IMADA Yuuki ASANO Hideki INOMATA Hiroshi KOGUCHI Hideyuki IHAMA Mikio MISHIMA Yasuyoshi MORI Mitsuyoshi* 他	Dig Tech Pap Symp VLSI Technol. 2013, p.19-20. (2013)
高出力,広帯域特性を両立させた1 μm 帯スーパールミネセントダイオード	大郷 毅 向井 厚史 矢口 純也 浅野 英樹	電気学会論文誌 C. 133(8), p.1437-1442 (J-STAGE). (2013)
1型と2型糖尿病患者の頸動脈血管弾性特性の比較検討	宮地 幸哉 澤田 正二郎* 他	日本動脈硬化学会総会・学術集会プログラム・抄録集(Web). 45th, WEB ONLY 2-P-150. (2013)
深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 臨床研究に使用可能な光音響画像化システムプロト機の構築	辻田 和宏	深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 平成24年度 総括・分担研究報告書. p.7-12. (2013)
深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 光音響画像化システムの泌尿器科応用について	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 平成24年度 総括・分担研究報告書. p.13-16. (2013)
深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 脈管疾患における光音響技術の有用性の検証	辻田 和宏 池脇 克則* 他	深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性検証 平成24年度 総括・分担研究報告書. p.17-21. (2013)

題 目	著 者	報 告 誌
深部機能画像診断のための光音響画像化技術の有用性 検証 腫瘍モデルマウスを用いた光音響画像の有用性 検証	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための光音響画像化技術 の有用性検証 平成24年度 総括・分担研究報 告書. p.33-38. (2013)
ワイドフォーマットUVインクジェットプリンター	佐藤 武彦	日本印刷学会誌. 50(5), p.407-412 (J-STAGE). (2013)
有機・アモルファス機能性材料開発のための中性子線 解析	松井 高史 中井 宗紀 蓑口 あゆみ 杉島 明典	日本中性子科学会年会講演概要集. 13th, p.26. (2013)
Dynamic control of interparticle gaps of gold nanoparticles transferred onto the gle films for surface enhanced Raman scatterings	TANI Takeharu NAYA Masayuki HORIE Kenta* 他	Abstr RIES Hokudai Int Symp. 14th, p.65. (2013)
医療連携サービスの現状とこれから—IT/クラウドを利 用した医療連携業務の支援サービス—	舟橋 毅	日本小児放射線技術. (38), p.71-76. (2013.03)
有機熱電変換材料における光ドーピング法の効果	西尾 亮 林 直之 高橋 依里 丸山 陽一 青合 利明	高分子学会予稿集 (CD-ROM). 62(1), ROMBUNNO.2PE079. (2013.05.14)
導電性ポリマー /CNT コンポジットの熱電特性	西尾 亮 林 直之 高橋 依里 丸山 陽一 青合 利明	高分子学会予稿集 (CD-ROM). 62(1), ROMBUNNO.3H08. (2013.05.14)
銀塩感光材料を用いた飛跡像の蛍光標識化による微細 飛跡検出システムの開発	大石 恭史 久下 謙一*	NIRS – M (Natl Inst Radiol Sci). (260), p.220- 221. (2013.08)
Initiation of carbon nanotube growth by well-defined carbon nanorings	TAKAHASHI Eri SEGAWA Yasutomo* 他	フラーレン・ナノチューブ・グラフェン 総合シンポジウム講演要旨集. 45th, p.48. (2013.08.05)
表在性血管の分光画像3D解析による分光画像への深 度情報付与の可能性検証	寺川 祐樹 富永 俊弼 山口 博司 戸井田 昌宏* 他	生体医工学. 51(4), p.239-247. (2013.08.10)
Additive Effect on Reductive Decomposition and Binding of Carbonate-Based Solvent toward Solid Electrolyte Interphase Formation in Lithium-Ion Battery	USHIROGATA Keisuke OKUNO Yukihiko SODEYAMA Keitaro* 他	J Am Chem Soc. 135(32), p.11967-11974. (2013.08.14)

題 目	著 者	報 告 誌
塗膜内における粒子位置制御の研究	国安 諭司 都丸 美喜男	化学工学会秋季大会研究発表講演要旨集 (CD-ROM). 45th, ROMBUNNO.R204. (2013.08.16)
マイクロ相分離を利用したシリンダー構造膜の固定化	馬島 涉 高田 佳明 高橋 慶太 沖 和宏	化学工学会秋季大会研究発表講演要旨集 (CD-ROM). 45th, ROMBUNNO.R318. (2013.08.16)
ハニカムフィルムを利用したスフェロイドチップの開発	後藤 俊 伊藤 晃寿 小橋 創一 山崎 英数 後藤 優希* 他	化学工学会秋季大会研究発表講演要旨集 (CD-ROM). 45th, ROMBUNNO.ZB2P51. (2013.08.16)
分散系の水構造と広帯域ダイナミクス	市川 紀美雄 八木原 晋* 他	高分子学会予稿集 (CD-ROM). 62(2), ROMBUNNO.1Y18. (2013.08.28)
ハイドロゲルの膨潤・収縮を利用した金ナノ粒子配列構造の動的制御	谷 武晴 納谷 昌之 堀江 健太* 他	高分子学会予稿集 (CD-ROM). 62(2), ROMBUNNO.3V03. (2013.08.28)
ハイドロゲルと金ナノ粒子を用いた動的表面増強ラマン散乱基板の作製	谷 武晴 納谷 昌之 三友 秀之* 他	応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集 (CD-ROM). 74th, ROMBUNNO.18A-C14-3. (2013.08.31)
ホスト分子内励起子アップコンバージョンを用いた有機EL素子	益居 健介 中野谷 一* 他	応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集 (CD-ROM). 74th, ROMBUNNO.18P-C4-5. (2013.08.31)
弾性率の周波数分散を用いた曲げられる電気音響変換素子	三好 哲 大賀 寿郎*	日本音響学会研究発表会講演論文集 (CD-ROM). 2013, ROMBUNNO.1-1-1. (2013.09.17)
パナクロ有機薄膜積層型 CMOS イメージセンサー: 耐久性とデバイス性能	林 誠之	映像情報メディア学会技術報告.
Bendable Electro-Acoustic Transducer Fabricated Utilizing Frequency Dispersion of Elastic Modulus	MIYOSHI Tetsu OHGA Juro*	37(40(IST2013 42-54)), p.5-8. (2013.09.23) Jpn J Appl Phys. 52(9, Issue 2), 09KD16.1-09KD16.5. (2013.09.25)
A Feasibility Study of 25 GB/Layer Dynamic Recording Using Two-Photon Material and Heat-Mode Bump Formation Method	SASAKI Toshio MOCHIZUKI Hidehiro MIKAMI Tatsuo KITAHARA Toshiyuki TSUYAMA Hiroaki INOUE Kenichirou	Jpn J Appl Phys. 52(9, Issue 3), 09LB01.1-09LB01.4. (2013.09.25)

題 目	著 者	報 告 誌
Twenty-Layer Optical Disc Fabricated by Web Coating and Lamination	MIKAMI Tatsuo MOCHIZUKI Hidehiro SASAKI Toshio KITAHARA Toshiyuki TSUYAMA Hiroaki INOUE Kenichirou ITO Masaharu*	Jpn J Appl Phys. 52(9,Issue 3), 09LC01.1-09LC01.5. (2013.09.25)
第一原理分子動力学計算によるリチウムイオン二次電池電解液および添加剤のSEI形成反応解析	後瀉 敬介 奥野 幸洋 袖山 慶太郎* 他	電気化学秋季大会講演要旨集. 2013, p.222. (2013.09.27)
急性毒性試験代替法の第三者評価報告書 in vitro細胞毒性試験による急性経口毒性試験の初回投与量設定試験	笠原 利彦 高橋 祐次* 他	AATEX JaCVAM. 2(1), p.61-84. (2013.09.30)
エネルギーマネジメントに寄与する光・熱制御材料 銀ナノ石畳による熱線遮蔽技術	谷 武晴	高分子. 62(10), p.607-608. (2013.10.01)
第一原理分子動力学計算によるリチウムイオン電池電解液及び添加剤のSEI形成反応解析	奥野 幸洋 後瀉 敬介 袖山 慶太郎* 他	電池討論会講演要旨集. 54th, p.361. (2013.10.06)
マンモグラフィ検査における最適な(乳房)圧迫への試み～新構造圧迫板「FS(Fit Sweet)圧迫板」の使用経験	村本 綾子 乙訓 伸次 高橋 知子* 他	日本乳癌検診学会誌. 22(3), p.581. (2013.10.20)
銀塩カラーペーパー用カプラー技術の変遷～色相と色像保存性改良の35年間～	古舘 信生 高橋 修	日本写真学会誌. 76(5), p.366-377. (2013.10.25)
銀塩写真感光材料に記録された放射線飛跡の蛍光標識化による検出(2) 発光波長の解析	大石 恭史 久下 謙一*	日本写真学会誌. 76(5), p.415. (2013.10.25)
バイオレットレーザー対応高感度光重合開始系の開発及びそのフォトポリマー CTP への応用	渋谷 明規 國田 一人	有機合成シンポジウム講演要旨集. 104th, p.2-9. (2013.10.28)
蛍光イメージングを使用した in vivo 小核試験の新規自動計数法の開発	芝井 亜弥 田原 春菜 下田 美裕紀 吉沢 広江 藤田 正晴 佐藤 洋 湯浅 敦子 日置 孝徳 笠原 利彦	日本環境変異原学会大会プログラム・要旨集. 42nd, p.76. (2013.10.30)

題 目	著 者	報 告 誌
代謝可視化内視鏡の開発を目指して	山口 博司 落合 淳志* 他	がんと代謝研究会プログラム&抄録集. 1st, p.72. (2013.10.30)
異方性を考慮した高分子フィルムの大変形解析	稲田 淳史 村井 昭仁* 他	成形加工シンポジア. 2013, p.311-312. (2013.10.31)
根治的前立腺全摘術における的確な神経温存のための 光音響画像化技術の有用性	辻田 和宏 堀口 明男* 他	Jpn J Endorol. 26(3), p.189. (2013.11)
新規フェニルピラゾール誘導体の抗HIV活性に関する 構造活性相関研究	加藤 貴之 平井 敦 栗原 秀樹 嶋田 泰宏 谷口 雅彦 前田 英樹 岡崎 志穂* 他	メディシナルケミストリーシンポジウム講演 要旨集. 31st, p.171. (2013.11.01)
データストレージ用磁気テープの長期実保存安定性	片山 和俊 清水 治 野口 仁 珍田 裕佳 鈴木 真由美	電子情報通信学会技術研究報告. 113(297(MR2013 19-25)), p.11-15. (2013.11.08)
銀ナノ石畳構造による波長選択遮蔽膜	谷 武晴	ポリマー材料フォーラム講演予稿集. 22nd, p.21-22. (2013.11.13)
高フッ素含率多官能アクリレートの開発	鈴木 博幸 原田 昌之 石田 直也 勝又 泰司 伊藤 孝之 天生 聡仁 藤原 淑記	ポリマー材料フォーラム講演予稿集. 22nd, p.76. (2013.11.13)
新規水溶性多官能アクリルアミドモノマーの開発	天生 聡仁 安田 浩司 北川 浩隆 藤原 淑記	ポリマー材料フォーラム講演予稿集. 22nd, p.77. (2013.11.13)
CTP 版用廃液量削減処理システムの開発	渡辺 年宏 落水 朋樹 五井 博司* 他	日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 130th, p.5-8. (2013.11.15)
Jet Press の用紙ハンドリング技術	福井 隆史	日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 130th, p.21-24. (2013.11.15)

題 目	著 者	報 告 誌
スルメイカを摂食した猫における血中クレアチニン濃度	浦野 光 丹野 翔伍* 他	動物臨床医学会年次大会プロシーディング. 34th(2), p.381-382. (2013.11.15)
Automatic Carotid Arterial Wall Detection Using Correlation between Adjacent Receive Scan Lines	MIYACHI Yukiya HASEGAWA Hideyuki* 他	超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関する シンポジウム講演予稿集. 34th, p.517-518. (2013.11.20)
ハニカムフィルムを利用したスフェロイドアレイ化培養	後藤 俊 伊藤 晃寿 小橋 創一 山崎 英数 中澤 浩二* 他	日本バイオマテリアル学会大会予稿集. 35th, p.94. (2013.11.25)
富士フィルムの業容転換と知財マネジメント	鈴木 俊昭	日本知財学会年次学術研究発表会 (CD-ROM). 11th, ROMBUNNO.KICHOKOEN(SASSHITAI). (2013.11.30)
Photocatalytic oxygen evolution using BaNbO ₂ N modified with cobalt oxide under photoexcitation up to 740nm	KATAYAMA Chisato HISATOMI Takashi* 他	Energy Environ Sci. 6(12), p.3595-3599. (2013.12)
Breast Imagingの近未来図 IT・クラウド クラウドが もたらす地域医療ネットワーク	舟橋 毅	映像情報Medical. 45(13), p.1049-1056. (2013.12.01)
レンズ付フィルム「写ルンです」と循環生産システム	桂 洋史	日本機械学会誌. 116(1141), p.822-823.I. (2013.12.05)
機能性マテリアルズ&コンバーティング 紫外線光量 分布測定フィルム「UVスケール」による紫外線光量測 定の新たな提案	居潟 俊明	コンバーテック. 41(12), p.79-81. (2013.12.15)
スポーツ現場で活躍する最新画像診断 整形領域に有 用な機能の紹介	富士フィルム	Rad Fan. 12(1), p.71-73,28. (2013.12.25)
光励起制御を目指した金属ナノ構造の構築 銀ナノ平 板粒子を用いた近赤外反射材料の開発	清都 尚治 白田 真也 谷 武晴 納谷 昌之 鎌田 晃 知花 一孝	日本写真学会誌. 76(6), p.469-472. (2013.12.25)
現像銀の長期安定性の研究	豊嶋 悠樹 大関 勝久	日本写真学会誌. 76(6), p.487-492. (2013.12.25)
ハロゲン化銀微結晶における多価金属不純物のフレン ケル欠陥への影響	山下 清司 大島 直人 高田 俊二*	日本写真学会誌. 76(6), p.493-499. (2013.12.25)

題 目	著 者	報 告 誌
Development of a method to predict skin sensitisation using a novel Lys derivative and Cys derivative	FUJITA Masaharu KASAHARA Toshihiko HIOKI Takanori JINBO Yoshiro	Altern Anim Test Exp. 18Supplement, p.173. (2013.12.31)
Continuous Porous Poly(N-isopropylacrylamide) Gels Prepared from a Bicontinuous Microemulsion	NISHIMI Taisei SAKATA Kouhei* 他	Chem Lett. 43(2), p.240-242 (J-STAGE). (2014)
デジタル画像システムにおける患者体動による不鋭(ボケ)の解析	岩木 健 網本 直也 船橋 正夫* 他	日本放射線技術学会総会学術大会予稿集. 70th, p.188-189. (2014)
デジタル画像システムにおける体動検出機能の有用性	岩木 健 網本 直也 檜山 和幸* 他	日本放射線技術学会総会学術大会予稿集. 70th, p.189. (2014)
デジタル画像処理用いた散乱線除去の研究	岩木 健 網本 直也 船橋 正夫* 他	日本放射線技術学会総会学術大会予稿集. 70th, p.230. (2014)
デジタル画像処理を用いた散乱線除去法の視覚評価	岩木 健 網本 直也 檜山 和幸* 他	日本放射線技術学会総会学術大会予稿集. 70th, p.230. (2014)
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 超音響画像化システムのプロト機の改良臨床計 測分野の拡大に向けて	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成25年度 総括・分担研究報 告書. p.7-12. (2014)
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 的確な神経温存前立腺全摘術のための超音響画 像化技術の有用性検証	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成25年度 総括・分担研究報 告書. p.13-18. (2014)
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 尿管疾患における超音響技術の有用性の検証	辻田 和宏 綾織 誠人* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成25年度 総括・分担研究報 告書. p.19-23. (2014)
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 超音響画像化システムの研究開発	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成23-25年度 総合研究報告 書. p.11-39. (2014)
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 根治的前立腺全摘除術における超音響画像によ る的確な神経温存の可能性検証	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成23-25年度 総合研究報告 書. p.41-48. (2014)

題 目	著 者	報 告 誌
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 腫瘍モデルマウスを用いた超音響画像の有用性 検証	辻田 和宏 堀口 明男* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成23-25年度 総合研究報告 書. p.49-55. (2014)
深部機能画像診断のための超音響画像化技術の有用性 検証 脈管疾患における超音響技術の有用性の検証	辻田 和宏 綾織 誠人* 他	深部機能画像診断のための超音響画像化技術 の有用性検証 平成23-25年度 総合研究報告 書. p.57-64. (2014)
大規模発電をターゲットとした高分子系有機薄膜太陽 電池モジュール作製に関するコスト試算	塚原 次郎 小江 宏幸* 他	J Jpn Inst Energy. 93(3), p.271-277 (J-STAGE). (2014)
N - アセチルグルコサミンとSアデノシルメチオニンの 軟骨成分産生に対する併用効果	植田 文教 乾 江梨子 坂本 敦	日本薬学会年会要旨集 (CD-ROM). 134th, ROMBUNNO.28AML-021. (2014)
びまん性肺疾患に関する調査研究 特発性肺線維症患者 における血清バイオマーカーの経時的変化の検討	金田 昭治 大沢 哲 花田 豪郎* 他	びまん性肺疾患に関する調査研究 平成25年度 研究報告書. p.183-189. (2014)
第一原理計算に基づくLiイオン二次電池の負極表面被 膜に対する電解液添加剤VCの効果	後瀉 敬介 奥野 幸洋 袖山 慶太郎* 他	日本コンピュータ化学会年会講演予稿集. 2014, p.57. (2014)
インクジェット方式デジタル印刷機における画像処理 技術	井上 義章	日本印刷学会誌. 51(2), 078-082 (J-STAGE). (2014)
電子コミック向け画像処理技術	野中 俊一郎 寺横 素	日本印刷学会誌. 51(2), 089-094 (J-STAGE). (2014)
Development of a Laser-SNMS Instrument for Nanoscale Analysis and Mapping of Organic Materials —Direct Observation of Phase Separation Structure in Blend Polymer—	蜂谷 正樹 野田 浩之 石川 丈晴* 他	表面科学. 35(7), p.383-388 (J-STAGE). (2014)
Novel EUV Resist Materials Design for 14 nm Half Pitch and below	TARUTANI Shinji TSUBAKI Hideaki FUJIMORI Toru TAKIZAWA Hiroo GOTO Takahiro	J Photopolym Sci Technol. 27(5), p.645-654. (2014)
A large-scan-angle piezoelectric MEMS optical scanner actuated by a Nb-doped PZT thin film	NAONO Takayuki FUJII Takamichi ESASHI Masayoshi* 他	J Micromech Microeng. 24(1), 015010,1-12. (2014.01)
記録技術の新展開 3章 磁気記録 3 - 2 リニアテープ	野口 仁	映像情報メディア学会誌. 68(1), p.35-37. (2014.01.01)

題 目	著 者	報 告 誌
若きリーダー達 II 単純だけど画期的なフォトリソグラフィ	白川 三千紘	高分子. 63(1), p.27-28. (2014.01.01)
バイオレットレーザー対応高感度増感色素の開発— フォトポリマー CTPへの応用と工業化—	渋谷 明規 國田 一人	有機合成化学協会誌. 72(1), p.51-57. (2014.01.01)
末端カルボキシル基含有ポリウレタンバインダーを用いた ソルダーレジストの耐冷熱衝撃性の改良	石川 博之 有岡 大輔 林 利明	エレクトロニクス実装学会誌. 17(1), p.69-73. (2014.01.01)
高 γ 分散構造導入バインダーによる感光性ソルダーレジストの 耐冷熱衝撃性と絶縁信頼性の両立	石川 博之 有岡 大輔 林 利明	エレクトロニクス実装学会誌. 17(1), p.74-77. (2014.01.01)
2014年最新技術展望 紫外線光量分布測定フィルム「UVスケール」の 技術と特徴	居瀨 俊明	JETI. 62(1), p.100-103. (2014.01.22)
All solution-processed amorphous oxide thin-film transistors using UV/O ₃ treatment	UMEDA Kenichi TANAKA Atsushi SUZUKI Masayuki MIYASAKO Takaaki* 他	Jpn J Appl Phys. 532S, 02BE03.1-02BE03.5. (2014.02)
表面プラズモン増強蛍光 (SPFS) 法を用いた高感度 POCT機の商品化= 高感度かつ簡便・迅速・コンパクトな開業医向けシステムを実現=	大塚 尚 木村 俊仁 松野 忠宏 山岡 秀亮 小松 明広	光アライアンス. 25(2), p.53-58. (2014.02.01)
こうなる!化学物質管理 富士フィルムの化学物質管理	中村 哲生	安全と健康. 65(2), p.137-140. (2014.02.01)
今年も駆ける食品包装 Part II 注目・期待のプロダクト (寄稿)UV 光量分布測定フィルムの新提案 食品包材などへの紫外線殺菌用に 高い効果	居瀨 俊明	食品包装. 58(2), p.28-32. (2014.02.01)
フラットパネルディテクタ2014 高画質・低線量・使いやすさに対応した 「FUJIFILM DR CALNEO HC」の開発	三井 浩資	映像情報Medical. 46(2), p.125-128. (2014.02.01)
ダイ塗布の特徴と進歩の歴史	宮本 公明	コンバーテック. 42(2), p.9-13. (2014.02.15)
PAEの活動鎮静化を目的とした多くの動き	真部 玲子 平原 正仁	日本国際知的財産保護協会月報. 59(2), p.151-156. (2014.02.25)
設備診断技術 最新の劣化診断技術を核とした設備情報システムの 開発	石野 昌裕	プラントエンジニア. 46(3), p.32-41. (2014.02.27)
最新のデジタルカメラ技術 2章 光学ローパスフィルタを不要とする デジタルカメラシステムとモアレ低減技術	小林 誠 山下 隼人	映像情報メディア学会誌. 68(3), p.195-198,188. (2014.03.01)

題 目	著 者	報 告 誌
最新のデジタルカメラ技術 5章 高性能ビューファインダ搭載カメラ	近藤 茂 岡 光彦 浅野 真成 佐藤 賢一	映像情報メディア学会誌. 68(3), p.208-211,189-190. (2014.03.01)
ワンショット可視分光SD - OCTの開発	中村 崇市郎 平山 平二郎	応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 (CD-ROM). 61st, ROMBUNNO.17A-E6-2. (2014.03.03)
近赤外光反射を実現する銀ナノ石畳構造におけるランダムネスの分析	谷 武晴 安田 英紀 納谷 昌之 成瀬 誠* 他	応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 (CD-ROM). 61st, ROMBUNNO.18P-F12-1. (2014.03.03)
自家発電設備を活用したグループ内15拠点への電力融通の取り組み	喜島 嘉彦 岩間 秀司	クリーンエネルギー. 23(3), p.55-58. (2014.03.10)
UV・EB硬化材料・技術 環境・安全に配慮した水系硬化材料の開発	天生 聡仁 安田 浩司 北川 浩隆 藤原 淑記	ポリファイル. 51(3), p.50-54. (2014.03.10)
間質性肺炎急性増悪における血清バイオマーカーの経時的変化の検討	金田 昭治 大沢 哲 花田 豪郎* 他	日本呼吸器学会誌. 3, p.164. (2014.03.10)
水滴の自己組織化を利用したハニカム状高分子フィルムの作製とその応用	山崎 英数 小橋 創一 伊藤 晃寿 下村 政嗣* 他	日本化学会講演予稿集. 94th(1), p.14. (2014.03.12)
光酸発生剤を用いた導電性ポリマーの光ドーピングと有機熱電変換材料への応用	青合 利明 西尾 亮 林 直之 高橋 依里 丸山 陽一	日本化学会講演予稿集. 94th(1), p.110. (2014.03.12)
高感度物質センシングに向けたプラズモニック結晶の光学特性	菅原 美博 田和 圭子* 他	日本化学会講演予稿集. 94th(1), p.146. (2014.03.12)
単層分散ナノ平板微粒子を用いるメタマテリアル—近赤外選択反射フィルム—	谷 武晴	日本化学会講演予稿集. 94th(1), p.151. (2014.03.12)
少し大人の画像診断ソフト SYNAPSE Case Match	久永 隆治	Rad Fan. 12(4), p.136-137. (2014.03.25)

題 目	著 者	報 告 誌
医師の診療を支援する診療支援ビューイングシステム「CA - V」の開発	星野 貴 岳山 進一 田中 文武 津郷 晶也 倉見 義幸 金田 昭治 大沢 哲	FujiFilm Res & Dev. (59), p.1-6. (2014.03.27)
乳がん検査用デジタルX線撮影装置「AMULET Innovality」の開発	小田 佳成 伊藤 孝明 佐藤 圭一郎 森田 順也	FujiFilm Res & Dev. (59), p.7-9. (2014.03.27)
X線自動検出機能「SmartSwitch」の感度向上技術	榎本 淳 小田 泰史	FujiFilm Res & Dev. (59), p.10-12. (2014.03.27)
動物用定量免疫測定試薬「富士ドライケムIMMUNO AUカートリッジv - T4」の開発	松野 忠宏 大原 智也 小野田 歩 中村 健太郎 木村 俊仁 小松 明広	FujiFilm Res & Dev. (59), p.13-18. (2014.03.27)
ニキビ用化粧品「ルナメアAC」の開発	相見 牧子 今泉 佑貴 中畝 明菜 大平 乃梨子 小杉 拓治 吉田 那緒子 池永 恵梨子 谷 武晴 大村 現	FujiFilm Res & Dev. (59), p.19-22. (2014.03.27)
「アスタリフトホワイト」の開発	楠田 文 金澤 克彦 本間 俊之 小杉 拓治 永田 幸三 織笠 敦 大村 現	FujiFilm Res & Dev. (59), p.23-26. (2014.03.27)
富士フイルムグループのインクジェットヘッド技術	加藤 昌法	FujiFilm Res & Dev. (59), p.27-31. (2014.03.27)
高圧電定数NbドーパPZT薄膜の形成とそのMEMS応用	藤井 隆満 直野 崇幸 向山 明博 新川 高見 菱沼 慶一* 他	FujiFilm Res & Dev. (59), p.32-37. (2014.03.27)

題 目	著 者	報 告 誌
アルミ陽極酸化皮膜のナノオーダー形状制御技術の開発	田川 義治 松浦 睦 宮川 侑也 澤田 宏和 黒川 真也*	FujiFilm Res & Dev. (59), p.38-41. (2014.03.27)
新規含フッ素多官能アクリルモノマーの開発	原田 昌之 伊藤 孝之 石田 直也 勝又 泰司 鈴木 博幸	FujiFilm Res & Dev. (59), p.42-45. (2014.03.27)
両連続相マイクロエマルジョンを用いた新たな抗酸化物質の電気化学分析法の開発	西見 大成 藏屋 英介* 他	電気化学会大会講演要旨集. 81st, p.145. (2014.03.29)
先端医療を支えるレーザ技術 1) 磁性ナノ粒子を用いた液相反応における高感度検出	大塚 尚	光アライアンス. 25(4), p.21-27. (2014.04.01)
塗布プロセスにおける欠陥発生メカニズム(1)	宮本 公明	コンバーテック. 42(4), p.66-69. (2014.04.15)
超音波画像に重畳でき,機能画像診断を可能にする光音響画像化技術の開発	辻田 和宏 広田 和弘 入澤 覚 石原 美弥* 他	超音波医学. 41, S204. (2014.04.15)
二重盲検法を用いたヒトに対するサラシア属植物エキスの免疫先進作用評価	小田 由里子 植田 文教 柿沼 千早 宇津山 正典* 他	日本栄養・食糧学会大会講演要旨集. 68th, p.200. (2014.04.30)
顔検出技術—写真工業分野での応用と化粧品研究分野への展開—	礮 秀康	日本色彩学会誌. 38(3), p.118-119. (2014.05.01)
透明感の肌状態解析による評価手法の構築～画像評価(見た目)からの解析～	大軽 郁子 吉田 那緒子	日本色彩学会誌. 38(3), p.162-163. (2014.05.01)
ハニカムフィルムの生産技術とその応用	山崎 英数 小橋 創一 伊藤 晃寿 居城 邦治* 他	高分子学会予稿集(CD-ROM). 63(1), ROMBUNNO.2A15AL. (2014.05.09)
内視鏡照明光源の演色性および色識別評価	久保 雅裕 中口 俊哉* 他	電子情報通信学会技術研究報告. 114(35(IMQ2014 1-6)), p.1-5. (2014.05.09)
塗布プロセスにおける欠陥発生メカニズム(2)	宮本 公明	コンバーテック. 42(5), p.18-21. (2014.05.15)

題 目	著 者	報 告 誌
ガスタービン吸気系の最新技術 自家発電設備用ガスタービンの吸気系改善事例(日本ガスタービンユーザー会)	岩間 秀司 金子 清隆* 他	日本ガスタービン学会誌. 42(3), p.166-173. (2014.05.20)
親水撥水パターンニングの実験的検討	宮本 公明	日本写真学会誌. 77(2), p.137. (2014.05.25)
インクジェット法を用いるUV - NILにおけるレジスト充填プロセスの高速化	臼杵 一幸 大松 禎 若松 哲史	日本写真学会誌. 77(2), p.138. (2014.05.25)
ポツ汚れ発生機構に関する研究	田中 秀明 工藤 康太郎* 他	日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 131st, p.9-12. (2014.05.29)
ワイドフォーマットUVインクジェットプリンター(Acuity LED 1600)の開発	佐藤 武彦 眞田 和男 齊田 博文 大西 弘哲 藤井 勇介	日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 131st, p.21-24. (2014.05.29)
UV - ソルベントハイブリッドインクジェットシステムの開発	大島 康仁 FASSAM Robert A.* 他	日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 131st, p.29-31. (2014.05.29)
色域が異なる複数の出力デバイス間での一貫した色再現	三島 崇弘 岸本 康成* 他	日本印刷学会研究発表会講演予稿集. 131st, p.59-62. (2014.05.29)
Large-Area Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Imaging of Brain Ischemia by Gold Nanoparticles Grown on Random Nanoarrays of Transparent Boehmite	YAMAZOE Shogo NAYA Masayuki SHIOTA Megumi TANI Takeharu MORIKAWA Takayuki* 他	ACS Nano . 8(6), p.5622-5632. (2014.06)
バイオミメティクスエンジニアリング 水滴の自己組織化を利用した微細ハニカム状高分子フィルムの生産技術とその応用	山崎 英数	化学工学. 78(6), p.374-376. (2014.06.05)
写真フィルムからLCD用光学フィルムへの展開	辻本 忠宏	日本機械学会誌. 117(1147), p.366-367.I. (2014.06.05)
大量画像からのフォトブック作成を簡単・手軽にする Image Organizer 技術	HU Xuebin 高森 哲弥 山路 啓* 他	Imaging Conference Japan 論文集. 2014, p.53-56. (2014.06.11)
UV - ソルベントハイブリッドインクジェットシステムの開発	大島 康仁 FASSAM Robert A.* 他	Imaging Conference Japan 論文集. 2014, p.159-160. (2014.06.11)

題 目	著 者	報 告 誌
塗布プロセスにおける欠陥発生メカニズム(最終回)	宮本 公明	コンバーテック. 42(6), p.17-19. (2014.06.15)
中国におけるライフサイエンス分野発明の特許審査・ 審判実務の調査検討	森田 健介 松尾 まゆみ* 他	知財管理. 64(6), p.854-871. (2014.06.20)
ワンショット可視分光SD - OCTの開発とヒト肌の in situ 観察	平山 平二郎 中村 崇市郎	光学シンポジウム講演予稿集. 39th, p.15-16. (2014.06.26)
不活化全粒子インフルエンザワクチンを内包したマイ クロニードルアレイによる免疫誘導特性の評価	小山田 孝嘉 来馬 浩二 島田 俊雄 迫田 義博* 他	日本DDS学会学術集会プログラム予稿集. 30th, p.184. (2014.07.01)
塗布型バリウムフェライトテープの高密度化研究	小柳 真仁 原澤 建 栗橋 悠一 清水 治 多田 稔生 白田 雅史 鈴木 宏幸	電子情報通信学会技術研究報告. 114(140(MR2014 8 - 13)), p.29-32. (2014.07.10)
知財人材の有効活用に関する研究—多様な知財活動を 支える知財人材ミックス—	仲田 公明 遠藤 充彦* 他	知財管理. 64(7), p.1076-1088. (2014.07.20)
『羅生門』 デジタル原版アーカイブにおける取組み	能勢 博之	月刊IM. (8), p.4-7. (2014.07.25)
知財戦略を実践するためのマネジメント—戦略的な出 願活動の糸口が掴めずに悩んでいる企業への提言—	山田 貞美 宮本 哲也* 他	知財管理. 64(8), p.1201-1215. (2014.08.20)
顕微ラマン分光法による誘電体結晶の局所構造解析構 造解析	白鳥 洋介 和田 大我	日本セラミックス協会秋季シンポジウム講演 予稿集(CD-ROM). 27th, ROMBUNNO.1J17. (2014.08.25)
アスタキサンチンの経口摂取による皮膚の光老化抑制 効果	斎藤 仁美 佐々木 克* 他	日本食品科学工学会大会講演集. 61st, p.176. (2014.08.28)
リコンビナントコラーゲン技術を用いた再生医療への 取り組み—写真感光材料で培った技術の応用展開—	吉岡 康弘	ポリマーフロンティア 21 講演要旨集. 2014(3), p.5-10. (2014.09.05)
動物実験代替法を展望する 構造活性相関手法を用い たアクリル酸エステルの皮膚感作性予測	藤田 正晴	Fragr J. 42(9), p.32-37. (2014.09.15)
事業譲渡,買収及び倒産時のライセンス契約の対応につ いて	柴田 陽一 石川 貴敏* 他	知財管理. 64(9), p.1423-1434. (2014.09.20)

題 目	著 者	報 告 誌
† Innovation of optical films using polymerized discotic materials: Past, present and future	Ito Y. Watanabe J. Saitoh Y. Takada K. Morishima S.-I. Takahashi Y. Oikawa T. Arai T.	Digest of Technical Papers - SID International Symposium. 44(1), p.526-529.(2013)
† Preliminary clinical experience with high-definition colonoscope illuminated by light-emitting diode	Kikuchi, K. Yanai, H.* 他	Endoscopy. 45(SUPPL.2), E1-E2.(2013)
† Direct observation of back energy transfer in blue phosphorescent materials for organic light emitting diodes by time-resolved optical waveguide spectroscopy	Hirayama, H. Sugawara, Y. Miyashita, Y. Mitsuishi, M.* 他	Applied Physics Letters. 102(8), 81124.(2013)
† Negative tone development process and resist materials with ArF immersion exposure process	Tarutani S.	ECS Transactions. 52(1), p.239-244.(2013)
† Ferroelectric and piezoelectric properties of (K,Na) NbO3 thick films prepared on metal substrates by hydrothermal method	Sakashita, Y. Shiraishi, T.* 他	Journal of the Korean Physical Society. 62(7), p.1055-1059.(2013)
† Uniqueness of Landau-Lifshitz energy frame in relativistic dissipative hydrodynamics	Tsumura, K. Kunihiro, T.*	Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics. 87(5), 53008.(2013)
† Image performances of multi-resolution technology for dynamic detector	Ito, T. Nariyuki, F. Okada, Y. Okada, Y.	Proceedings of SPIE. 8668, Medical Imaging 2013:Physics of Medical Imaging, 866807. (2013)
† A newly developed a-Se mammography flat panel detector with high-sensitivity and low image artifact	Sato, K. Ito, T. Hosoi, Y. Hayakawa, T.	Proceedings of SPIE. 8668, Medical Imaging 2013:Physics of Medical Imaging, 86685V. (2013)
† Robust airway extraction based on machine learning and minimum spanning tree	Inoue, T. Kitamura, Y. Li, Y. Ito, W.	Proceedings of SPIE. 8670, Medical Imaging 2013:Computer-Aided Diagnosis, 86700L. (2013)
† Analysis of individual variability and habituation in stereoscopic radiography	Unno, Y.Y. Kuwabara, T. Uzenoff, R.A.* 他	Proceedings of SPIE. 8673, Medical Imaging 2013: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment, 86730X.(2013)

題 目	著 者	報 告 誌
† EUV resist materials design for 15 nm half pitch and below	Tsubaki, H. Tarutani, S. Inoue, N. Takizawa, H. Goto, T.	Proceedings of SPIE. 8679, Extreme Ultraviolet (EUV) Lithography IV, 867905.(2013)
† Pulmonary lobar volumetry using novel volumetric computer-aided diagnosis and computed tomography	Inoue, T. Li, Y. Iwano, S.* 他	Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery. 17(1), p.59-65.(2013)
† Promising operational stability of high-efficiency organic light-emitting diodes based on thermally activated delayed fluorescence	Masui, K. Nakanotani, H.* 他	Scientific Reports. 3, 2127.(2013)
† Proceedings of the 2013 Joint JSTP/NTP satellite symposium	Satoh, H. Elmore, S.A.* 他	Journal of Toxicologic Pathology. 26(2), p.231-257.(2013)
† Composition dependency of crystal structure, electrical and piezoelectric properties for hydrothermally-synthesized 3 μ m-thickness (K xNa1-x)NbO3 films	Sakashita, Y. Shiraishi, T.* 他	Journal of the Ceramic Society of Japan. 121(1416), p.627-631.(2013)
† Structure-activity relationship study of phenylpyrazole derivatives as a novel class of anti-HIV agents	Kato, T. Hirai, A. Kurihara, H. Shimada, Y. Taniguchi, M. Maeta, H. Mizuhara, T.* 他	Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters. 23(16), p.4557-4561.(2013)
† Analysis of exciton annihilation in high-efficiency sky-blue organic light-emitting diodes with thermally activated delayed fluorescence	Masui, K. Nakanotani, H.* 他	Organic Electronics: physics, materials, applications. 14(11), p.2721-2726.(2013)
† Etection of radiation tracks recorded on silver-salt photographic materials by fluorescence-labeling method	Oishi, Y. Kuge, K.* 他	Japanese Journal of Applied Physics. 52(10) PART1, 106402.(2013)
† Effects of inhibitory factor on uptake rate of ammonia-nitrogen with sterile <i>Ulva</i> sp. for water quality control of intensive shrimp culture ponds	Tajiri, S. Habaki, H.* 他	Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 27(3), p.355-363.(2013)
† Metallic glass micro-mirror integrated with PZT actuation for low resonant frequency and large exciting angle	Naono, T. Fujii, T. Tsai, Y.-C.* 他	2013 Transducers and Eurosensors XXVII. p.2493-2496.(2013)

	題 目	著 者	報 告 誌
†	Clinical evaluation of highly sensitive silver amplification immunochromatography systems for rapid diagnosis of influenza	Katada, J. Wada, A. Mitamura, K.* 他	Journal of Virological Methods. 194(1-2), p.123-128.(2013)
†	A wavelength insensitive, non-contact and highly efficient fiber optic connector using up-tapered multimode optical fibers	Yoshihiro, T. Ono, Y. Kasamatsu, T.	Technical Digest of the 18th Microoptics Conference, MOC 2013. 6715133.(2013)
†	A study on signal processing for barium ferrite particulate tape systems	Musha, A. Shimizu, O.	IEICE Transactions on Electronics. E96-C(12), p.1474-1478.(2013)

補足

- 本リストは、以下の情報源から作成しました。
 - ・ JDream III JSTPlus+JMEDPlus ファイル（株式会社 ジー・サーチ提供）
2013年12月から2014年11月までに収録された当社研究者の論文情報 [転載許可 第B-011号]
 - ・ Scopus（エルゼビア社提供）（左側に†印のついたもの）
2013年の論文情報
- 掲載順は、情報源順、発行年月日順です。
- 共同研究者名はお一人のお名前のみ掲載させていただいております。（*印は当社以外の共同研究者です。）
- 著者名は連名順序に関係なく、当社研究者を先頭部に記載しています。

編集後記

今、「イノベーション創出」が各現場で強く求められています。「イノベーション」という言葉も、われわれの周囲で頻りに目にするようになりました。その使われ方はさまざまですが、「技術や仕組みの革新により、人・組織・社会の生業や行動に、新たな価値（ひいては文化）を提供する」という点で共通しています。判り易い例として、アップル社の iPod や iPhone が挙げられます。事の大小いろいろありますが、アイデア次第でそれぞれの現場で実現可能と言えます。その際には、自分にとっての顧客の「価値」を理解しているかがポイントになります。当然、自分の世界に閉じ籠もってはい知る由もない！ R & D の現場では、日々新たな「インベンション」と向き合っていますが、見出した「インベンション」を「イノベーション」に昇華させるためには、周囲への好奇心、先駆けの気概、フットワーク良い行動力をもって、広い世界に飛び出すことが正に重要になると思います。

本誌は、当社の R & D 活動の成果を紹介するために毎年出版され、各現場で開発された新製品や新技術について解説しています。内容が自分の仕事と関係ないと思う無かれ！好奇心を持って手に取って下さい。本誌が少しでも皆さんの業務にヒントになり、「イノベーション創出」の一助となれば幸いです。

(編集委員長 青合 利明)

Editorial Board

Editors in Chief	Toshiaki Aoi	
Editors	Masashi Aoki	Hiroyuki Seki
	Keitaro Aoshima	Hiroo Takizawa
	Yoshiyasu Inami	Masatoshi Nakanishi
	Atsushi Uejima	Hiroshi Nagate
	Takayuki Kasahara	Satoshi Matsubaguchi
	Akira Kurisu	Takeshi Misawa
	Akio Kobayashi	Hiroyasu Yamamoto
	Hiroyuki Suzuki	

編集委員

委員長	青合 利明	
委員	青木 理史	関 裕之
	青島 啓太郎	滝沢 裕雄
	稲見 義靖	仲西 正寿
	上島 敦	長手 弘
	笠原 隆幸	松葉口 敏
	栗栖 顕	三沢 岳志
	小林 昭夫	山本 容靖
	鈴木 宏幸	

- 非売品・無断転載を禁じます。
- 本誌は環境保全・資源確保のため再生紙を使用しております。
- 著者の所属は論文受理日、または論文掲載時のものです。
- 本報告書に記載されている会社名、システム名、製品名は一般に各社の商標または登録商標です。なお、本文および図表中では、「™」、「®」は明記しておりません。
- 本誌掲載の論文は、次の URL でご覧いただけます。 <http://www.fujifilm.co.jp/rd/report/index.html>
<http://www.fujifilm.com/about/research/report/>

富士フイルム研究報告 第 60 号

平成 27 年 3 月 27 日 発行

編集人	松永 淳, 久保田 純, 二村 典枝, 大坪 元至
発行人	柳原 直人
発行所	富士フイルム株式会社 R & D 統括本部 技術戦略部 足柄図書室 〒 250-0193 神奈川県南足柄市中沼 210 TEL 0465-73-7180 FAX 0465-73-7933
印刷所	大日本印刷株式会社

