

PDP 用蛍光体の帯電量が放電特性に与える影響

Influence of the Triboelectric Charge of the Phosphor for PDP on Discharging Characteristic.

杉尾 幸彦, 日比野 洋, 小牧 俊裕

Yukihiko Sugio, Yo Hibino, Toshihiro Komaki

要旨 PDPの放電特性は、使用する蛍光体によって異なることが知られている。PDPの高性能化および長寿命化には、RGBの放電電圧を制御し、均一化することが必要である。しかし、RGB蛍光体が放電特性に与える影響についてはメカニズムがよく分かっていない。本研究では蛍光体の『帯電量』に着目し、PDPの放電特性に与える影響について調査を行った。その結果、蛍光体の帯電量が放電特性に大きく影響していることが分かり、帯電量を制御することでRGBセルの放電電圧を均一化することに成功した。

Summary It is known that the discharge characteristic on PDP varies with the Phosphor of the RGB. In order to realize both high performance and long life on PDP, there is a need to control and increase the uniformity of the Phosphor of RGB, but evaluation of the discharge characteristic is also required to produce the panel and carry out electric appraisal, thus evaluating many Phosphors was difficult. Therefore, we paid special attention to electrification quantity on the Phosphor and examined the relationship with discharge characteristic on the PDP. As a result, we found out that the two were deeply related and succeeded in achieving uniform discharging voltage on RGB by controlling the triboelectric charge.

キーワード : PDP, 蛍光体, 帯電量, 放電特性

Key words : PDP, Phosphor, Triboelectric Charge, Discharge Characteristics

1. はじめに

近年、プラズマディスプレイ（以下PDP）を取り巻く状況は大きく変化している。液晶テレビが大型に参入してきたため、PDPと液晶のサイズによる棲み分けは少なくなり、PDPはさらなる大型化と高精細化へ向かっている。また、SED(Surface-conduction Electron-emitter Display)や有機ELなど新たなデバイスが民生用テレビへの参入を表明している。このようなテレビを取り巻く環境下で、PDPは他のデバイスとの差別化のために、より一層の性能向上が求められている。

現在PDPでは、発光効率向上のため、保護膜の研究が活発である。当社はクリスタルエミッシブレイヤー(CEL)⁽¹⁾を開発し、導入した。またSrCaO⁽²⁾などの新材料も提案され、研究が行われている。同様に蛍

光体も発光効率向上と寿命改善を目指して地道な開発が行われている。

PDPは自発光型の表示デバイスである。二枚のガラス基板を周囲で密封封止した構造になっている。パネル内には放電特性と真空紫外発光特性から選定された希ガスで満たされている。希ガスの放電により発光する真空紫外線により背面板に塗布された蛍光体を励起して可視光を得る。蛍光体は、保護層と並んでPDPの性能を決定する重要なキーマテリアルである。これまでも発光効率の向上、長寿命化、色純度改善などの開発が進められてきた。新しい蛍光体を開発するにあたり、パネルの放電特性に与える影響は重要な項目の一つである。新しい蛍光体に変更すると放電特性が変化し、電圧マージンが変動する傾向がある。さらに

RGBセルごとに放電特性が異なるため、その違いが電圧マージンを減少させる要因になっている。

放電特性に関して、保護膜については以前から研究が進んでいるが、蛍光体の影響に関しては、報告例は少なく、またメカニズムもよく分かっていない。

これらの問題を解決するため、蛍光体のどのようなパラメータがPDPの放電特性に影響しているかについて検討した。その結果、蛍光体の『帯電量』が放電特性に大きく影響していることが判明した。本研究はPDP用蛍光体の帯電量に着目し、放電特性に与える影響を調査することで、RGBセルの放電特性の均一化を試みたので報告する。

なお、本報告は2007年1月26日鳥取大学工学部にて行われた『発光・非発光型ディスプレイ合同研究会』⁽³⁾において発表した内容に基づくものである。

2. 実験方法

2.1 PDPの放電特性とは

本実験のキーワードである放電特性について述べる⁽⁴⁾。最初に、PDPの一つのセルに着目した場合について述べる。放電していない状態から電圧を上昇していくと、継続的な放電を開始する「放電開始電圧 (V_f)」と呼ぶ電圧が存在する。その後逆に、電圧を下げていくと、放電開始電圧以下でも放電を継続し、「最小維持電圧 (V_{sm})」と呼ぶ特定の電圧以下で放電は止まる。放電開始電圧と最小維持電圧の間の電圧領域を「メモリマージン (ΔV_{mm})」と呼び、メモリマージン内の電圧では、放電セルは、点灯、非点灯の状態を保つ。

次に多数のセルを含むパネルやパネル中の特定部分の放電特性について述べる。実際のパネルでは、一般に各セルはそれぞれ異なった放電開始電圧や最小維持電圧を持っている。まず、全セルが消灯しているパネルの場合について考える。維持電圧を印加し、電圧上昇させていくと最初に一つのセルが点灯する。このときの電圧を「ファーストオン電圧 V_{f1} 」と呼ぶ。さらに電圧を上昇させると、順次点灯セルが増加し、ある電圧で全セルが点灯状態になる。この電圧を「ラストオン電圧 V_{fn} 」と呼ぶ。その後電圧を下降させると、ある特性の電圧まで全セルの点灯状態は保たれ、特定の電圧で最初の一つのセルが消灯する。この電圧を「ファーストオフ電圧 V_{smn} 」と呼ぶ。さらに電圧を降下し続けると消灯セルが増加し、特定の電圧で最後のセルが消灯する。この電圧を「ラストオフ電圧 V_{sm1} 」と呼ぶ。

実際のPDPの駆動では、維持電圧は、非点灯セルが勝手に点灯開始しないように「ファーストオン電圧」より低く、また、点灯セルが勝手に消灯しないように「ファーストオフ電圧」より高く設定されている。この二つの電圧の差を「静特性マージン ΔV_{ss} 」と呼ぶ。この静特性マージンは、パネルの均一性を評価する有効な物差しとなる。この静特性マージンが狭いと、セルが勝手に点灯または消灯する（誤放電）確率が高くなるため、広く設計するのが望ましい。

3電極型AC PDPの放電特性を評価する場合、静特性は一般的に下記の二項目を評価している。一つは前面板の維持電極と走査電極間に電圧を印加して測定する場合（維持放電）と、維持電極間とアドレス電極間に電圧を印加して測定する（アドレス放電）場合である。蛍光体は、維持電極と走査電極間の放電特性にはあまり寄与しないが、維持電極間とアドレス電極間においては、寄与することが実際に駆動してみるとわかる。そこで本実験の放電特性では、静特性マージン（維持電極間とアドレス電極間に電圧を印加）を指標に検討を行った。

2.2 帯電量測定装置

本実験のキーワードである帯電量について述べる。帯電とは、一般的には、試料内の正・負電荷量に差が生じ、全体としてどちらかの極性を持った過剰電荷が存在している状態のことをいう。したがって、帯電性とは過剰電荷が生成しやすく、かつその電荷が長時間保持される性質のことである。我々はこの帯電性がPDPの放電特性に強い相関性があるという仮説に基づいて、実験・検討を実施した。

今回、蛍光体の帯電性を定量的に評価するために、ブローオフ型粉体帯電量測定装置⁽⁵⁾を用いた。ブローオフ法は粉体と粉体の摩擦帯電を測定する方法である（図1）。測定法は、日本画像学会が定める「トナー帯

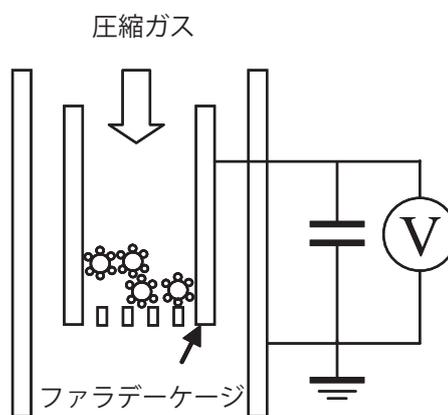


図1 ブローオフ法

電量測定法標準」に基づいて行った。原理は、測定試料(蛍光体)とこれより大きい異種の粉体(摩擦相手となる基準粉体:キャリア)とを十分攪拌混合することによって(キャリア 95wt% に対して蛍光体 5wt%), 蛍光体を摩擦帯電させる。この混合試料を大地と絶縁した金属容器(ファラデーケージ)内の金網上に置き、真空で吸引し、圧縮ガスを吹き付け、粉体を金網の目開きを通して分離除去する。ケージに残ったキャリアには、蛍光体が持ち去ったのと等量で逆の帯電が残っている。そのケージに、接続したコンデンサ(容量C)を充電するので、両端の電圧(V)を測定することによって、蛍光体の帯電量は、

$$Q = CV$$

として求められる。キャリアはフェライトに樹脂コートをしたサンプルを用いた。粒径は約 100 μm であり、蛍光体に比べて十分大きい。蛍光体試料は、粉体とビヒクルと混合してペースト化し、PDP プロセスと同様、乾燥・焼成したサンプル(再粉末化)を用いた。

2.3 評価パネルの仕様

本実験に用いた評価パネルの仕様について述べる。評価パネルは 50 型 WXGA パネルを用いて、蛍光体の仕様のみ変更した。周波数 30kHz, Duty50% の矩形波を維持電極とアドレス電極間の電極に印加したときの、静特性を評価した。

2.4 実験内容

蛍光体の帯電量が PDP の放電特性に与える影響を調べるために以下四項目の実験を実施した。同時に帯電量を積極的にコントロールすることで、放電特性の均一化が可能かどうか検討した。

① PDP 用蛍光体の帯電量測定

PDP 用蛍光体(粉末)の帯電量を実際に測定し、評価パネルの既知である維持電極とアドレス電極間の静特性と比較を行った。

② Red のマイナス帯電コート

電圧の低い (Y,Gd)BO₃Eu²⁺(以下 YGB) 蛍光体にマイナス帯電材料をコーティングすることで、帯電量に変化があるかどうか調べた。コーティングした蛍光体をパネル化し、放電特性を測定した。

③ Green の YBT 混合効果

Green の蛍光体は一般的に Zn₂SiO₄:Mn²⁺(以下 ZSM) が使用されている。そこに低電圧とされる (Y,Gd)BO₃Tb³⁺(以下 YBT) ⁽⁶⁾ を含有し、含有率に対する帯電量の変化を調べた。その蛍光体をパネル化し、放電特性を測定した。

④ Green のプラス帯電コート

YBT との混合は色純度の悪化と長残光化の弊害がある。そこで、ZSM にプラス帯電材料のコーティングを行い、放電特性に対する影響を調べた。

3. 実験結果

3.1 PDP 用蛍光体の帯電量測定

PDP 用蛍光体の帯電量測定と既知の RGB の放電特性との関係について調べた。PDP に使用されている代表的な RGB 蛍光体の組成を表 1 に示す。

表 1 の蛍光体を塗布したときの RGB セルの放電特性を図 2 に示す。縦軸の ΔV はある基準電圧からの電圧差を表している。図 2 を見ると、Blue(BAM) を中心に Green(ZSM) の電圧が高く、Red(YGB) の電圧が低い傾向になっている。放電特性が蛍光体によって異なることが分かる。そのため静特性マージンはほとんどない。

表 1 RGB 蛍光体の組成

色	組成	略称
R	(Y,Gd)BO ₃ :Eu ³⁺	YGB
G	Zn ₂ SiO ₄ :Mn ²⁺	ZSM
B	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu ²⁺	BAM

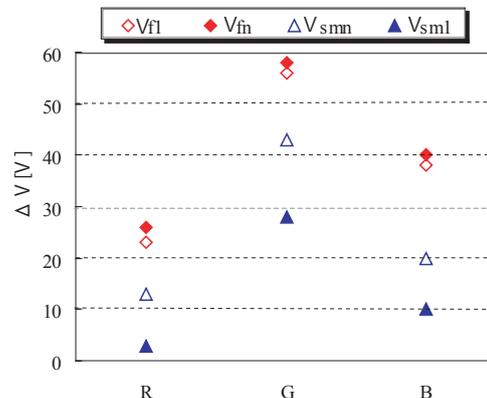


図 2 RGB セルの放電特性

静特性マージンを確保するには、Blue もしくは Red の電圧を上昇させるか、Green の電圧を下降させる必要があることが分かる。図 3 は、RGB 蛍光体の帯電量を評価した結果である。Green だけがマイナス帯電を示しており、Red と Blue はプラス帯電で、Blue のほうがやや帯電量が高かった。このことから放電電圧の高い蛍光体は、帯電量がマイナス傾向であること

が予想される。そこで、帯電量を調整(帯電コート)して静特性マージンを確保することを試みた。

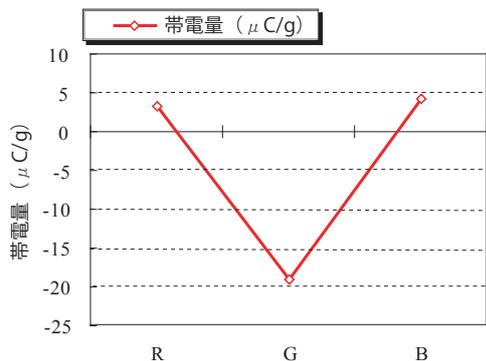


図3 RGB 蛍光体の帯電量

3.2 Redのマイナス帯電コート

Redセルの放電電圧を上昇させる検討を行った。プラス帯電を持つRed(YGB)蛍光体に、マイナス帯電を有するコーティング材料を被膜し、その被膜量を調整した。マイナス帯電コート量と帯電量の関係を図4に示す。横軸は、マイナス帯電コートの被膜量を相対値で表している。コート量が増加するほど、帯電量がマイナス側にシフトしているのが分かる。このサンプルをパネル化し、Redのマイナス帯電コート量と放電特性の関係を示したのが図5である。マイナス帯電コート量を増加させると、Redの放電特性が従来の低電圧側から高電圧側へシフトしているのが分かる。このコート技術により、Redの誤放電を防ぐことができる。

3.3 GreenのYBT混合効果

次に放電電圧の高いGreen蛍光体(ZSM)を低電圧化するのを試みた。Redと同様、プラス帯電のコートを行う手法もあるが、ZSMは、YGBほど安定した母体ではなく、コートによる輝度および寿命の悪化がみられた。そこで、別組成のGreen蛍光体で、Redと同じ母体を持つYBTを混合し、その含有率を制御することで帯電量を変化させた。YBTの含有率を高めていくと、蛍光体の帯電量は図6に示すように、プラス側にシフトする。この混合した蛍光体をパネル化し、放電特性を測定した結果、Greenの放電特性は、図7に示すようにYBT含有率を高めていくにつれて、放電電圧は低くなる傾向を示した。しかし、弊害としてYBTを含有すると、色純度の悪化と残光時間が長くなる傾向がみられた。

3.4 Green(ZSM)のプラス帯電コート

YBTを含有せず、ZSM単独でプラス帯電化することを試みた。Greenの色純度確保にはZSMの含有率

を高めることが望ましい。そこで、ZSM自身をプラス帯電の材料でコーティングし、帯電性を高める検討を行った。ZSMはYGBに比べ母体としては不安定で、コーティングすることによる弊害(初期輝度低下・輝度寿命悪化)が存在していた。しかし、最近の研究でその弊害が抑制されてきた。コーティングした

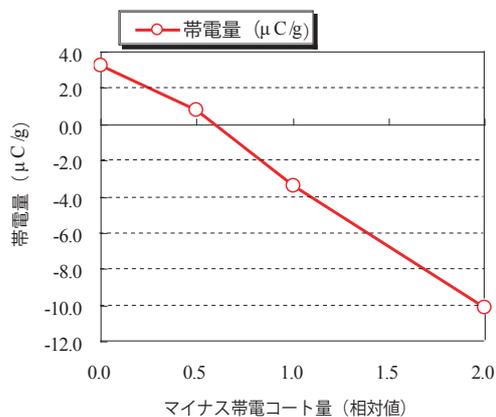


図4 マイナス帯電コート量と帯電量

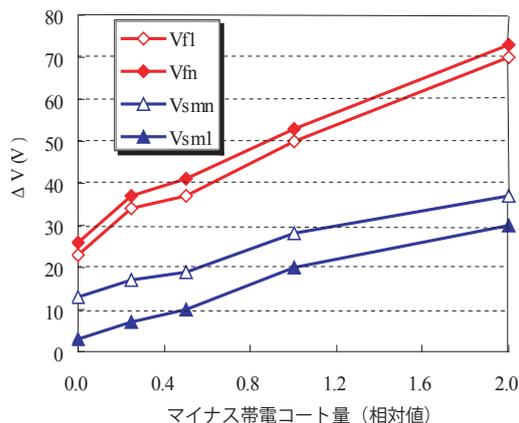


図5 マイナス帯電コート量と放電特性

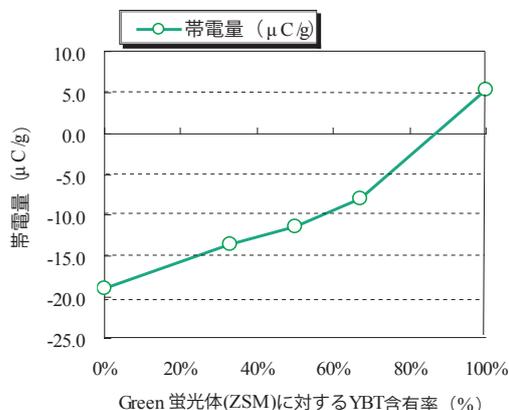


図6 Green 蛍光体 (ZSM) に対する YBT 含有率と帯電量の関係

場合の帯電量を図8に示す。コーティングした蛍光体は、大幅にプラス帯電になっていることが分かる。これをパネル化した場合の放電特性を図9に示す。ZSMに比べ、放電電圧が低減していることが確認された。

3.5 RGBセルの放電特性の均一化

最後に、上述したコーティング技術およびブレン

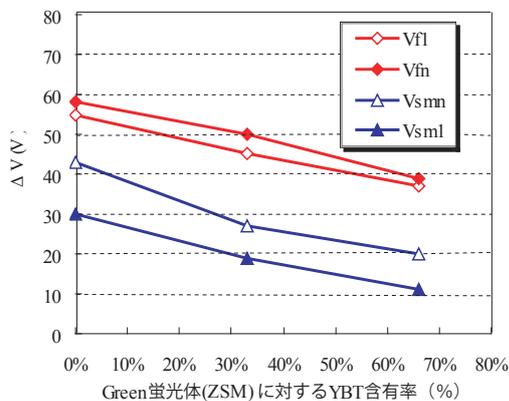


図7 Green 蛍光体 (ZSM) に対する YBT 含有率と放電特性の関係

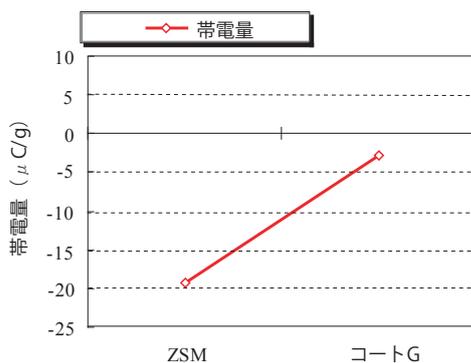


図8 ZSM 蛍光体とプラス帯電
コートした ZSM の帯電量

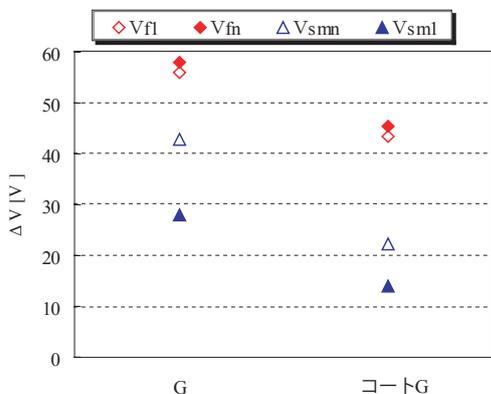


図9 ZSM 蛍光体とプラス帯電コートした ZSM の放電特性

ド技術を併用したパネルを作製し、放電特性の均一化を試みた。図10にそのパネルの放電特性を示す。不均一だった放電特性を均一化することが可能となった。RGBセルの放電特性の均一化により、静特性マージンは拡大し、誤放電は低減した。

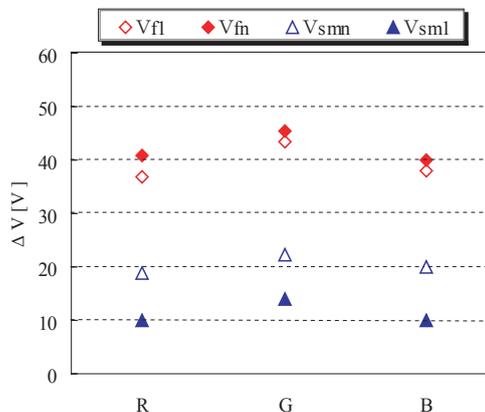


図10 均一化された RGB セルの放電特性

4. 考察

本実験を通じて、蛍光体の帯電量が、どのように放電特性に影響を与えているか考察する。粉体帯電量測定装置では、フェライトキャリアと蛍光体を物理的に衝突させることで、蛍光体を摩擦帯電させる。粉体と粉体同士が衝突した場合、粉体の表層では必ず電子のやりとりが行われる。キャリアより蛍光体のほうが、電子が飛び出しやすい傾向があれば、蛍光体の電子はキャリアに移動する。そのため、蛍光体の表層は電子が不足した状態となり、プラスの帯電性となる。蛍光体よりキャリアのほうが、電子が飛び出しやすい傾向であれば、キャリアから電子が飛び出し、蛍光体のほうに移動する。蛍光体表層は過剰に電子が存在する状態となり、マイナス帯電となる。すなわち、プラス帯電の蛍光体は電子が飛び出し易く、マイナス帯電の蛍光体は電子が飛び出しにくい傾向があると考えられる。

一方、PDPの放電開始電圧は放電セル構造、放電ガスおよび陰極表面の二次電子放出係数(γ)で決定されることが知られている。放電セル構造を規定する電極間距離や誘電体層、蛍光体層などの厚さや誘電率により放電空間内の電場が決定される。ガスの種類や濃度により放電ガスの電離係数が決まる(α効果)。電離が持続され、放電に至るためには、電離により発生したイオンや励起粒子が陰極面に入射し、効率的に陰極表面から2次電子が放出されることが必要である。

なお、陰極材料として標準的に利用されている MgO の 2 次電子放出は、放電ガスイオンや準安定粒子と MgO との間のオージェ中和機構に依っているとされている。

本実験により、一連の酸化物蛍光体では摩擦帯電量と放電電圧が非常に良い一致を示すことが分かった。摩擦により正電荷の帯電性が強い性質を有する材料はイオン照射などによる 2 次電子放出性能も高いものと判断される。また、蛍光体表面に非常に薄く形成したコーティングが帯電性および放電電圧に作用していることから、摩擦帯電および 2 次電子放出は蛍光体粒子の表面で起こっていると考えられる。蛍光体粉末の摩擦帯電の機構、摩擦帯電性とオージェ中和機構との関連、あるいは蛍光体粉末からの 2 次電子放出がオージェ中和以外の作用に依存しているかどうかなどに関しては今回の実験では言及できないが、強い正電荷摩擦帯電性は表面からの電子の乗り移り易さを反映しているが、この性質が放電に必要な空間への 2 次電子放出と単純に関連していることは興味を持たれるものである。

5. まとめ

蛍光体の帯電量が放電特性 (蛍光体を介した維持電極とアドレス電極間の電圧特性) に与える影響について調査を行った。蛍光体の帯電量がマイナスになると、放電開始電圧および放電維持電圧が上昇し、プラスになると、電圧は下降する傾向であった。さらに蛍光体の帯電量を制御することで、RGB セルの放電特性差を均一化することができた。今後、蛍光体開発に当たって帯電量に着目することは有効な手段であり、PDP の性能向上と長寿命化に寄与すると考える。

参 考 文 献

- (1)M. Amatsuchi, A. Hirota, H. Lin, T. Naoi, E. Otani, H. Taniguchi, K. Amemiya : IDW' 05, p.435.
- (2)Y.Motoyama : SID' 06, p.1384.(2006)
- (3) 杉尾幸彦, 日比野洋, 小牧俊裕 : 信学技報, Vol.106, No.499, p.69. (2007)
- (4)JEITA : EIAJ ED-2701(2003)
- (5) 静電気ハンドブック ; 静電気学会編, p.506. (1998)
- (6)H.Tachibana, A.Matsuda, S.Haruki, N.Kosugi, K.Wani and L. F. Weber, Proc. : IDW' 00, p.651. (2000)

筆 者 紹 介

- 杉尾 幸彦 (すぎお ゆきひこ)
技術開発本部 PDP 開発センター
- 日比野 洋 (ひびの よう)
技術開発本部 PDP 開発センター
- 小牧 俊裕 (こまき としひろ)
技術開発本部 PDP 開発センター