三菱電機 原 善一郎 Zenichiro Hara

1. まえがき

オーロラビジョン（海外名 Diamond Vision）は、1980年に米大リーグ（MLB）ロサンゼルス・ドジャースの本拠地、ドジャー・スタジアムに設置され、MLB オールスターゲームにおいて、太陽光下でフルカラーのビデオ映像を表示できる世界初の屋外用大形映像表示装置として華々しくデビューした（図1）。当時、多数の人々に情報を提供する手段として、白熱電球を配列した電光掲示板が使われていた時代である。スポーツの観戦では、人々が自宅のテレビでスポーツを楽しむことができるテレビ時代でもあった。オーロラビジョンは、このような技術的・時代的背景の中、三菱電機長崎製作所の船舶技術者たちを中心に生み出された。今では野球場から公営競技場、各種スポーツ施設に普及し、観客の雰囲気盛り上げ、感動を共有する手段として新たな市場を形成した。その用途は、スポーツ観戦から広告、コンサートなど各種イベントへと拡大し、高画質の映像により世界中で多くの人々を楽しませている。ここでは、その誕生とその後の発展、経緯を紹介する。

2. オーロラビジョン誕生

2.1 開発の背景

三菱電機長崎製作所では、第二次オイルショックが船舶用電機品事業を直撃し、新分野への進出が求められていた。当時の船舶技術者は、日本初のマイコンショーに船用機器のマイコン応用品を出展するなど新技術の導入には積極的であったが、地理的ハンディゆえに新分野につながる情報が不足していた。本社のシステム商談に対応する部門には、各種の情報が集まることから、1978年6月に新事業創出の期待を託された長崎の船舶技術のキーマンが本社に駐在することになった。

オーロラビジョンは、このような背景の中で誕生した。開発の契機は、国内球場におけるスコアボードのフルカラー化の商談である。当時、競技場のスコアやファンサービスの表示に電光掲示板が使われ、海外では一部でモノクロのビデオが表示され始めた頃である。本社において、この分野が伸びると判断され、技術的検討が開始された。当初、検討された白熱電球を配列する案は、カラーフィルタを使ってカラー化すると発光効率が大幅に低下し、太

図1 ドジャー・スタジアムのオーロラビジョン（1980年7月）

図2 オーロラビジョンのプロト機

陽光の下で十分な輝度を得るには、消費電力が大き過ぎた。計画が難航する中、長崎の船舶技術者が小形のCRT（Cathode Ray Tube）を配列する案を着想した。CRTは発光効率が高く、大形表示装置の発光素子に適用すると、消費電力が白熱電球の約10分の1になる。早速CRT技術者が加わり、計画が動き始めた。

2.2 試行錯誤の開発

開発は、本社を推進役として技術者が組織を超えて取り組んだ。発光素子は京都製作所のCRT技術者、表示の制御は平面ディスプレイを研究する中央研究所の技術者、スクリーンは1979年8月に帰任した本社駐在の技術者を含む新事業に挑戦する長崎の船舶技術者が主な役割を果たした。発光素子は直径約28mmの小形CRTである。例えば発光素子間の混色を疑問視するなど実現に否定的意見もある中、本社が開発費を捻出し、赤・青・緑の3種類のCRTを開発し、縦横約2m×1mのプロト機を試作した。この頃、オーロラビジョンが命名された。図2はプロト機の様子・スタジアム商談時の写真である。

プロト機の評価は、課題も見えたが新たなアイデアも生まれ、開発を大きく前進させた。例えば昼間の点灯で太陽光が直射すると、CRT表面の反射が大きく画像が全く確認できない。そこで各CRTにひさしで影を作り、更にCRTのガラスを発光色と同じ色に着色し、発光色を透過させつつ外光の反射を抑制して屋外における表示のコントラストを確保した。図3は、(a)がプロト機、(b)が初号機、(c)が量産で使用されたCRTである。特に量産では特定波長を吸収する新ガラスを開発して外光の反射を抑制し、高コントラストでばらつきが少なく安定し

図3 各種発光素子

図4 発光素子CRTの配列

た品質を確立した。更に映像を近くから楽しむために直径20mmのCRT、高輝度化して用途を拡大するために35mmのCRTが開発された。図3(c)は左から順に直径35mm、28mm、20mmのCRTである。

CRTの配列は、オーロラビジョンの画質及び構造設計において重要である。プロト機では図4(a)のように各色が同数のデルタ配列を採用したが、製品化段階では船舶技術者が各色の発光効率のバランスを考慮し、図4(b)の緑2本、赤、青各1本を格子状に配列するカッド配列を提案した。すぐに研究所の技術者がシミュレーション画像を作成して各画面素配列の画質を比較・評価してカッド配列の採用が決まった。この配列は、CRTと駆動回路及び電源を含む表示ユニットの設計と巨大画面のスクリーンを構成するための構造設計に役立ち、更に第2世代オーロラビジョンにも引き継がれた。

2.3 超短納期の初号機出荷

オーロラビジョンは海外における実績が重視され、初号機の商談は、野球場での有用性を高く評価した米国ドジャー・スタジアムである。1980年2月、ドジャース球団会長が長崎でプロト機（図2）を視察し、受注が正式に決定した。7月に開催されるMLBオールスターゲームに使うことが条件であった。超短納期の受注でCRTを担当する京都製作所では、短期間の量産立上げとなり、急ごしらえの設備で手作業も多く、退職した元従業員などの協力も得て急場をしのいだ。それでも初期の製造能力では、発光素子の本数が不足することから、オールスター

ゲームではスクリーンのサイズを縮小して運用し、その後正規サイズ (7.2m x 10.8m) に更新された。

大形スクリーンを担当する長崎製作所においても、必要な部品類、金型類の新規設計・製作、信頼性の検証、多彩なコンテンツを表示できる画像処理装置の開発など、解決すべき課題が山積しており、技術者は毎日、遅くまで残業が続いた。米国への出荷は、安全規格の取得も必要であり、手続きには長崎製作所の部長以下、現地出向中の技術者も巻き込み、三菱電機の総合力が発揮された。スクリーンは、当時の時津工場 (長崎県) の奥に設置された鉄骨構造物に組み上げられ、5月下旬に初めて大画面の画像を表示して画質を検証し、ドジャース球団副社長の立会検査を受けて直ちに米国へ空輸された。海外の製品名は英語で発音しづらい Aurora を避けて Diamond Vision に決定した。

2.4 運用ソフトの開発とオーロラビジョンの誕生

オーロラビジョンは、ドジャー・スタジアムへの据付け後、表示を制御するビデオシステムについて、球場関係者から今の仕様では観客を満足させる運用ができない、と厳しい指摘があった。関係者が求める仕様と環境の実現に向けて、船舶技術者たちが現地でコントロールルームの設計、製作、機材の配置とソフトの作り込みに取り組んだ。未経験の仕様の実現には、外部のサポートを得難い洋上において、即断即決の問題解決に取り組んだ船舶技術者たちの豊かな経験が役立った。コントロールルームには、ビデオ機器及び文字・グラフィック画像のコントローラが配備され、観客を盛り上げる運用ソフトを創り上げた。優れた画質と球場のニーズに合致した仕様を満足することでオーロラビジョンが誕生した。一方、米国の新聞、雑誌類に 300 万ドル (当時の日本円換算では 7 億円) の価格が開示され、殊更高価なことが印象付けられたが、設置後、スタジアムへの集客に役立ち、更に翌 1981 年、ドジャースの 16

図 5 オーロラビジョンの表示ユニット

年振りのワールドシリーズ優勝に貢献したことで、その設置効果が認知され、他球団への導入にも影響し、国内外で本格的に市場が立ち上がった。

3. 新発光素子と第2世代オーロラビジョン

3.1 第1世代オーロラビジョンの課題

初号機は、発光素子の CRT が 45mm ピッチで配列され、視認距離は約 100m であった。図 5 は、直径 20mm 及び 35mm の CRT を配列した表示ユニットである。各 CRT は、ほぼ同等のコストで、高密度で配列して解像度を上げるとコストも高くなり、結果的に直径 35mm は市場に浸透したが 20mm の市場は限定的であった。

3.2 新技術への挑戦

1982 年、高解像度の近距離型オーロラビジョンの開発に取り組んだ。発光素子は、真空のガラス容器内に 3 原色の発光部を 3mm ピッチで形成した蛍光表示管である。マトリックス状に形成された画素群の行と列の電極による制御は、独立した各画素を直接駆動する第 1 世代の制御方式が使えない。また駆動電圧は 100V を超え、市販の駆動回路が使えない。ここでは画像の新たな制御方式の開発及び駆動用 IC の開発に加え、蛍光表示管と、その発光部をライトガイドで 4 倍の面積に拡大して発光部周辺の非発光部を目立ち難くするなどの新技術に挑戦した。

近距離型オーロラビジョンは 1984 年に画像を表示した。図 6 は表示例である。画面左がライトガイドを装着して発光部を拡大した画像、右がライトガイドなしの直視画像である。隣接する発光素子の継ぎ目が目立つ未熟な出来栄であったが、第 2 世代

図 6 近距離型オーロラビジョン (右上が蛍光表示管)

図7 オーロラビジョンの新しい構成

オーロラビジョンの試作的位置付けとして貴重な成果が得られた。例えば図7は表示ユニットに画像メモリや駆動回路を実装して表示ユニットごとに表示を分散して制御するオーロラビジョンの新しい構成である。大形映像表示装置の開発は、表示デバイスを含む表示ユニットの開発に集約され、その後のオーロラビジョンに大きな影響を与えた。

3.3 第2世代オーロラビジョンの開発

1985年、蛍光表示管の製造技術と高電圧（10kV）を印加するCRTの原理を応用した新発光素子 Flat Matrix CRT（FMCRT）を開発した。FMCRTは図7の構成に適用され、1986年に第2世代オーロラビジョンが誕生した。

図8は第2世代オーロラビジョン誕生時の記念写真である。FMCRT（1辺が6cmの正方形）を3,072個配列した。FMCRTは、第1世代と同様カッド配

図8 第2世代オーロラビジョン（右上がFMCRT）

列で16画素が15mmピッチで配列され、45mmピッチの第1世代に対して解像度が大幅に向上する。内部は蛍光表示管の線状のカソードを使うことでCRTの電子銃に比べて省エネを実現した。このFMCRTは、実用化後、すぐに屋外高輝度型、更に屋内高解像度型へと改良された。

図9は屋外型及び屋内型FMCRTの内部構造、図

図9 Flat Matrix CRT（FMCRT）の内部構造

図 10 オーロラビジョン用発光素子の外観
左から 35mmCRT, 屋外高輝度型, 屋外高解像度型, 屋内高解像度型

10 はこれらを含む各 FMCRT の外観である。屋外型は一边が約 8cm の正方形で 16 画素を含む。各画素にカラーフィルタとレンズを装着し、外光の反射を抑制しつつ輝度を維持し、コントラストを確保した。屋内型は図 8 の画素を 4 倍化して一边 6cm の正方形に 64 画素を含む。行・列の制御電極を印刷で形成し、更にカソードを 2 画素で共有し、金属部品を削減して高画素密度化によるコスト上昇を抑制した。いずれも 4 画素ごとに規則的に画素面積を拡大し、高輝度・長寿命化を図った。このほか、長方形の屋外高解像度型も開発した。

これらの設計には、画素が適度に分離したカッド配列が役立った。こうして第 2 世代では、第 1 世代の課題である解像度向上とコスト削減の両立を実現し、屋内用途から屋外用途まで市場を拡大した。

図 11 代表的 LED 素子

4 青色LEDと第3世代オーロラビジョン

4.1 LED 方式オーロラビジョンの開発

LED は、1993 年に日亜化学工業が高輝度青色 LED を開発し、1995 年頃から大形映像表示装置への応用が始まった。図 11 は、代表的な LED 素子の例である。オーロラビジョンは、砲弾型 LED が主流の中、正面輝度を抑制した広視野角の面実装型を使用し、1996 年に屋内型を製品化した。高精細・広視野角に加えて、独自の色変換により安価な黄緑 LED で自然な色を表現したことが評価され、米国のアリーナに多数設置された。

4.2 オーロラビジョンの超大形化

純緑色の LED が登場し、更に価格が下落すると、オーロラビジョンの LED 化が加速した。2002 年に

図 12 超大形オーロラビジョン（米テキサス州ダラス）

図 13 ニューヨーク・タイムズスクエアの 4K スクリーン

は第 2 世代が終息し、屋内外とも全て LED 方式となり、本格的に LED 方式の第 3 世代に移行した。オーロラビジョンは安価な LED を豊富に使用することで画面が超大形・高解像度化した。ハイビジョンスクリーンは 2000 年に屋内用を納入し屋外にも展開した。ハイビジョンを超える高解像度スクリーンには、複数コントローラの同期並列運転による表示技術を開発し、ギネス級超大形スクリーンにも適用された。図 12 は、2009 年に米国アメリカンフットボールリーグ (NFL) のダラス・カウボーイズの新スタジアムに設置された当時世界最大のスクリーンの例である。表示部は、21.76m × 48.32m が 2 面、8.7m × 15.36m が 2 面の 4 面構成に加え、スタジアムを取り巻くように 2 段の帯状映像装置 (リボンボード) が設置されている。画面の情報量 (画素数に対応) がハイビジョンの情報量を超えており、表示は、ハイビジョン信号 (走査線 1,080 本の順次走査) を複数のコントローラが並列して制御している。最近では 4K 信号を直接入力するコントローラもある。

4.3 オーロラビジョンの超高精細化

一素子に 3 色を含む 3in1 型が登場すると、屋内型を中心に普及した。オーロラビジョンでは先駆けて 3in1 型の防水タイプを開発し、屋外のビル壁面や線路脇などの比較的小規模なサイズで高精細スクリーンを実現した。最近では、屋内外ともに 3in1 型が増えており、オーロラビジョンでは画面の反射抑制に効果的な LED 素子を使用して、明るい環境でも鮮やかな色が表現できる高コントラストを実現している。ニューヨークのタイムズスクエアには、この技術を適用し総幅延長 100m を超える世界最大級の 4K スクリーンが設置された (図 13)。

4.4 オーロラビジョンの表現能力と臨場感

オーロラビジョンは、初号機以来、省エネと優れたコントラスト及び色再現能力を特徴とする。図 14 はその特徴に基づくオーロラビジョンの新画素配列を示す。この配列は、カッド配列の四素子のうち一素子を黒スペースに割り当てて外光の反射を抑制し、更にスペース領域を含む画素構造が雑音として

図 14 新画素配列と表示ユニット

図 15 新画素配列の適用例 ZOZO マリンスタジアム © CHIBA LOTTE MARINES

知覚され難いように、全体を 45 度回転してスペース領域を千鳥格子状に配置した。この配列は、3in1 型と違って 3 色が分離することで LED の放熱に優れ、省エネにも適している。図 15 は ZOZO マリンスタジアム（千葉市）への実際の適用例である。高コントラストの画像と大幅な省エネを実現した。

5 新しい応用分野に向けて

大形映像表示装置は、LED 方式の第 3 世代に入ると、多数のメーカーが参入して国際的な競争が激化し、応用分野の拡大と新技術の開発による差別化が求められた。

5.1 道路交通分野への応用

オーロラビジョンは、見やすい画質、安心して使える高い信頼性、軽量、薄形、低消費電力などの特

図 16 ETC 車線表示板の例

徴がある。これらの特徴は道路や交通分野などの他分野への活用が期待されている。図 16 は、技術を道路分野に応用した ETC 車線表示板の例である。このほか交通分野でも駅のホーム発車標や車両の行先表示器や車内表示器などオーロラビジョンの技術が生かされており、今後の更なる応用分野の拡大が期待されている。

(a) 有機 EL パネルの 8 枚の配列

(b) 有機 EL の目地レス配列 (155 型)

図 17 有機 EL 方式オーロラビジョン

5.2 新技術開発事例としての有機 EL

LED は高密度で配列すると面積当りのコストが高くなるのに対し、有機 EL は画素密度を高くすると画素当りのコストが低下する。2017 年に有機 EL 方式大形表示装置の開発を開始し、2009 年の CEATEC に出展した。その後 LED の価格が下落して市場の競争力を失い事業は終息したが、ここでは次世代技術の開発事例として紹介する。

図 17 (a) は画素ピッチ 3mm の有機 EL パネル (約 24mm×96mm) 8 枚の配列例である。隣接するパネル間に封止部と電極端子が目地として露出する。各パネルの中央から電極を引き出すと目地が最小化され、各画素間に同寸法のスペースを設けると目地は目立たなくなる。更に FMCRT のノウハウに基づいて、4 画素ごとに画素面積を拡大し、輝度・寿命を確保した。図 17 (b) は、図 17 (a) 相当の有機 EL パネル 2,880 枚を配列した 155 型大型映像表示装置の例である。CEATEC 出展後に製品化された。実用例には日本科学未来館の Geo-Cosmos などがある。

6 おわりに

オイルショックの危機感の中から誕生したオーロラビジョンは、新しい市場を創出し、その歴史を経て、スポーツ観戦やエンターテインメントに欠かせ

ない製品に成長した。近年、国際的な競争が激化する中、オーロラビジョンは、競技場などの超大形分野や超高精細・高画質の分野において競争力を維持している。特に競技場では、大画面の高精細映像に一喜一憂し、どよめく観客の姿が、オーロラビジョンがもたらす臨場感の一面を表しており、このような演出効果も競技場用のアプリケーションとして貴重なノウハウである。長年蓄積してきた技術は、道路や交通分野にも活用され、有機 EL 方式を開発した技術力は、新たな表示デバイスを利用した革新的ディスプレイを生み出す技術基盤として、更なる技術の高度化と応用が期待される。2018 年、オーロラビジョンは、社会の発展に多大な貢献をし、開発から少なくとも 25 年以上経過した歴史的イノベーションを認定する IEEE のマイルストーンに認定されている。

原 善一郎

1981 九大大学院電気工学専攻修士課程了。同年、三菱電機に入社。大形映像表示装置の研究開発に従事。2014 R&D100 賞など受賞。2017-3 定年退職。引き続き嘱託として大形映像表示装置関連業務に従事。工博、映像情報メディア学会、IEEE、SID 各会員。