



## The Olympic Stadium in Berlin (ベルリン・オリンピックスタジアム)





## Introduction

ベルリンのオリンピックスタジアムには長い歴史があります。もっとも記憶されているのは1936年のオリンピックゲームですが、現在では多機能のスポーツアリーナとして陸上競技大会ISTAFなどが開催される場所としてだけでなく、サッカーやアメリカンフットボールの試合、さらにロックコンサートが行われる場所としても利用されています。最近、大規模な改修工事が行われましたが、その計画では必要とされる多機能という面だけでなく、一つの歴史建造物としてのステータスを維持することが考慮されました。重要な点は、スタジアムは現況の構造に傷をつけないように屋根を取り付ける事、そして全ての最新の音響システム機器をスタジアムの観客に見えないように装備する事でした。近代的なスタジアムと違って、そのスタンドは全体的に急勾配になっており、観客席を出来るだけフィールドに近づける様に構築されています。77,000人の観客は、その2種類のより緩やかな傾斜や重なり合わない各階、さらに閉所感の少なさを経験すると、クラシックなスタジアム形式をより好む傾向がある様です。

音響システムが設置される前、企画者は音の放射に対する厳しい指針を理解させられました。

全ての音響システムは、高いレベルの明瞭度と均一で高い音圧値をすべての観客席に行き渡らせる事、そして南方向にはリストに載っている別の建造物の Corbusier House がある為、厳しく定められたノイズの制限値を越える事が無い事を求められました。音の放射の制限値は、それらに決定的な影響を持ち、音響システムのデザインを左右しました。

スタジアムの再オープンの2004年7月31日には大イベントが行われ、公式な祭典は8月1日に行われました。それ以降、スタジアムで行事が行われるたびに、何万人もの人々が国内外から訪れ、観客はスタジアムのクラシカルな要素とは対照的に、驚くほど謙虚でありながらも最高水準の設備との完璧な融合に酔いしれています。



## 音響システム

ベルリンでの入札では、プロサウンドシステムとページング・ボイスアラーム（非常警報）システムの契約は別々に行われました。ベルリンの会社 TSE AG が落札し、スタンドとフィールドのプロサウンドシステムを受け持ち、彼らは豊富なツアーとコンサートの経験を持つエレクトロボイスを開発する EVI AUDIO に依頼する事に決定しました。ただし、プロサウンドシステムとページング・ボイスアラーム（非常警報）システム（通常は補助エリアだけに提供）がリンクしなければならない事が条件でした。言い換えると、ページングもしくはボイスアラーム（非常警報）システムの端末機の 1 つを使って案内放送する人が、プロサウンドシステムによって放送されたメッセージを受ける選択機能があると言う事で、たとえ階下の仕出しエリアや通路、VIP ラウンジ等に居ても、またスタンドやフィールドに居てもそれらを聞く事が出来ると言う事です。

オリンピックスタジアムは現在 171 台のエレクトロボイス Xlc127+カスタムエンクロージャーと、9 台のダイナコード V24 カスタム、そして 85 台のエレクトロボイス DSP 内蔵 P シリーズリモートコントロールパワーアンプを、ダイナコード ProMatrix システムのコンポーネントと共に装備しており、プロサウンドシステムと補助エリアにある PAVAS\*をインターフェースしています。システムは全ての安全規定に適合し、オペレーターや観客等から機能的・音響的要望を満たしながらも、音の放射値が制限値内に収まるようにデザインされています。

( \*Public Address Voice Alarm System )

## デザイン

音響プランを検討し始めた当初、唯一あったデータは平面図と断面図の建築図面、音響に関連した壁面に使われる素材に関する情報だけでした。グランドスタンドエリアは、典型的なスタジアムに使用される硬いプラスチック素材のシート、伝統的なオリンピック・スタジアムの石材、そしてガラスと言った素材でした。ここは 2・3 階席が殆ど重なり合わないのので、全列の客席は天井からカバーが可能で、バルコニー下のスピーカーを必要ともしませんでした。一方で、グランドスタンドはとても深く、シートと一番近いエンクロージャーの重さに耐えうる屋根の骨組みのポイントまでの距離が問題となりました。屋根は飛行機の翼のような構造をしており、スタンドの中央に竹馬のような支柱によって高く支えられているだけでした。上層の屋根は、悪天候にも耐える事の出来る、防水膜で構成されています。全ての音響機器は観客の視界からみえない屋根構造の中に収めるように考慮されました。



こう言った理由により、屋根の下側は音響的に透過する膜で、穴の空いたシネマのスクリーンの様なもので出来ています。 実際、オープニング・セレモニー進行中、この膜はロゴとライト等の投写面として利用されました。 結局、全く新しい解決策のみが、委員会の要求に答える事が出来ると言う事が、EASEのシミュレーションより明らかになりました。

以下に記します：

- 理想より程遠い吊りポイントで、しかも数量不足の状況で、全ての観客席エリアで均一なカバレッジを得る事。
- 十分な音圧をスタジアム内だけに確保し、かつ制限値の放射レベルを超えないようにする事。
- 高明瞭度
- 広い周波数帯域で、高品質に音楽ソースを再生出来る事。
- スタンドエリアの深さに関わらず、遅延回路の無い事。
- 屋根構造の中にエンクロージャーを見えない様に収納する事。

EASE 4.1 を用いて、与えられた基準を満たす最善の解決策が得られるまで、数多くのシミュレーションを行いました。

### グラウンドスタンドとフィールドの音響的解決策

天井内の 19 箇所に合計 171 台のエレクトロボイス Xlc127+コンパクトラインアレイスピーカーを配置し、観客席をカバーしています。 各アレイは9台のエンクロージャーで構成され、内5台は上階用に、内4台は1つ下の階用に割り当てられています。

すべてのシステムは2ウェイバイアンプモードで駆動しており、12度の垂直アングルをカバーするために改造されています。 これにより、必要とされる総エンクロージャー数を減らす事ができ、中・低域周波数帯の過剰な強調を避ける様に施されています。 その結果、全帯域の均一なカバレッジをグラウンドスタンドの両階で得る事が出来ました。 屋根構造の中の設置位置の問題で、すべてのラインアレイは水辺線に対し、上下にずれて吊られています。防火及び美的観点からラインアレイは鉄製のハウジングに収められています。



各ボックスの側面は1 2箇所吊りポイントが設けられ、取り囲む鉄製フレームに取り付けています。したがって、自身以上の重量を吊っているボックスは無く、アレイの水平方向の位置調整の結果から、全ての力とトルクは外側の鉄製フレームによって吸収される構造になっています。最善の音響結果を得る為、エンクロージャーとそのフレームの間にはミネラルウールが充填されています。さらに上階と下階部分のラインアレイシステムは別々にドライブする事で、適切なイコライゼーション、レベルコントロールが可能です。

オリンピックスタジアムでは、ラインアレイシステムを使用し、天井のシングルポイントから全列の客席をカバーする事により、到達時間差を減らすための遅延回路を使う必要性がなくなり、必然的に適切な明瞭度を得る事が出来る様になっています。さらに、ラインアレイの能力が、必要な音圧を一番離れたシートへも安定した音圧を供給すると同時に、伝統的なグランドスタンドの上部先端と屋根下との間にあるギャップから漏れるサウンドを最小限に抑える事を可能にしました。フィールドのカバレッジは南側から各9台のダイナコード V 2 4 カスタムスピーカーシステムでカバー。さらに、これらのスピーカーは天井先端部の投光照明灯の間に設置され、特別な鉄製ハウジングの中に収められています。

### エレクトロニックソリューション及び、オーディオネットワーク/パワーアンプ

南側のスタンドの一番高い所に位置する音響調整室から、すべてのシステムのコントロール、監視、オーディオデータが光ファイバーネットワークを通じて、南と北側のスタンド中央部にあるキャビネットに分配されています。全てのエレクトロボイス DSP 内蔵 P シリーズリモートコントロールパワーアンプの監視の為のコントロールデータは、CAN-Bus を通じて供給されています。全てのパワーアンプの BOX はエンクロージャーのように屋根構造内に設置されています。それぞれの BOX は囲われたダブル19インチラックで、独自のエアーコンディショニングが装備されています。全体的なエアーコンディショニング機器の状況は GPI を通じてパワーアンプに伝えられ、中央調整室にある IRIS ソフトウェアによって表示可能になっています。



厳しい安全ガイドラインを満たす為に、各 BOX は個々の火災感知器を装備し、中央火災感知システムに集約されています。火災発生を防ぐ為、電気的な不具合が発生した場合、問題の BOX への電力供給を自動的に遮断されるしくみになっています。基本的には、各 BOX は 2 箇所のラインアレイシステムに供給し、南側ではフィールドスピーカーへも供給しています。中・低域システムは、エレクトロボイス P3000RL、中高域・高域は P1200RL で駆動しています。分散配置されたエレクトロボイスのパワーアンプの DSP 機能及び GPIO は、デジタルネットワークの完全なアナログ・リダンダンシーを確保しています。中央調整室から 100V のアナログ低周波信号を全てのパワーアンプの 2 番目のインプットに供給しています。コンタクトを通じて、全てのパワーアンプはアラーム・プリセットに変更され、通常の A 入力の代わりに B 入力各パワーアンプの出力に切り替えられると同時に、ボイスアラーム・メッセージに対してイコライゼーションとシグナルプロセッシングが最適化されるしくみになっています。この様に、デジタルネットワークの全部が故障したとしても、スタジアム内でのオーディオ伝送は確保される様になっています。この設備で特に重要な事は、エレクトロボイス IRIS ソフトウェアによるコントロールで、エレクトロボイスのリモートアンプが持つシステムの詳細なチェックが可能だと言う事です。

例えば、1 台のエンクロージャーとのやり取りで、高域ドライバーのコンポーネント不良や中・低域ドライバーの危機的な状況を、聴感上で感知することは可能かもしれませんが、ラインアレイシステムの固定設備環境において、170 台を超えるシステムを 40 メートル以上離れた場所からでは明らかに不可能であると言う事です。

エレクトロボイス IRIS ソフトウェアは、パワーアンプの出力に接続されたインピーダンスに対して、全周波数特性を持つサイン波の正確な測定と許容誤差を基準にして、保存されたカーブ帯との自動比較によってスタジアムにある全スピーカーコンポーネントの状況が、マウスクリックたった 1 回で数分内に測定出来ます。

このように、故障は耳で認知する前に検出する事が出来なくてはなりません。

安全上ダイナコード DPM4000 プロセッサは、他のダイナコード ProMatrix システムのコンポーネントと共にハウジングに収納され、中央調整室（メインのシステム中枢センター）に設置してあり、プロサウンドシステムを補助エリア用ページング及び、ボイスアラームシステムにリンクさせる働きを持っています。



## まとめ

ベルリン・オリンピックスタジアムの音響システムは、国際的基準の EN60849: 1988 に適合しています。 高品質コンポーネントと、より重要である全体のサウンドシステムデザインに関しては、多機能とすばらしい設備に加え、施主とシステムの運用・運営を日々行う人々からの要望を優先的に考慮されました。

特殊な方法で、ほぼ水平に吊られたラインレイシステムにより、スタジアム内の完璧なカバレッジを確保すると共に、近隣居住区等への音漏れ等、厳しい制限を越える事無く、的確な音圧分布レベルを維持する事を可能にしました。

## 納入主要製品の概略

Number	Model
171	<b>EV X1c 127+ custom</b>
9	<b>DC V24 custom</b>
2	<b>EV P900RT</b>
40	<b>EV P1200RL</b>
45	<b>EV P3000RL</b>
1	<b>DC DPM4000</b>

## 追記

今回導入された、エレクトロボイス NetMax N8000 シグナルプロセッサ及び、DSP 内蔵 P シリーズリモートコントロールパワーアンプ等で構成された遠隔操作可能なシステムは、エレクトロボイスの IRIS-Net プラットホームが、既存の設備に対する未来の拡張性を確保すると共に、ネットワークに追加の機材を投入しやすい環境を与えた事を意味しています。



スタジアムの内観



スタジアム内装と浮き屋根、そして視野から隠された音響機材



屋根の中へのラインアレー設置



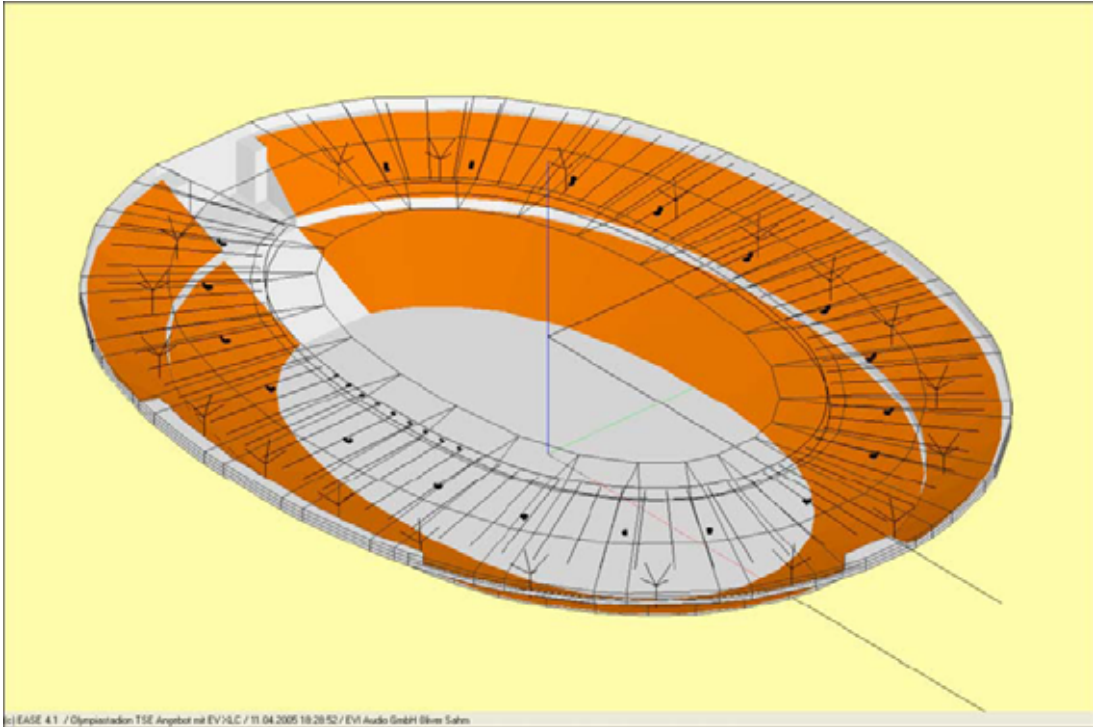
屋根の中へのラインアレー設置



音を透過させる屋根布の上方に見えるラインアレー

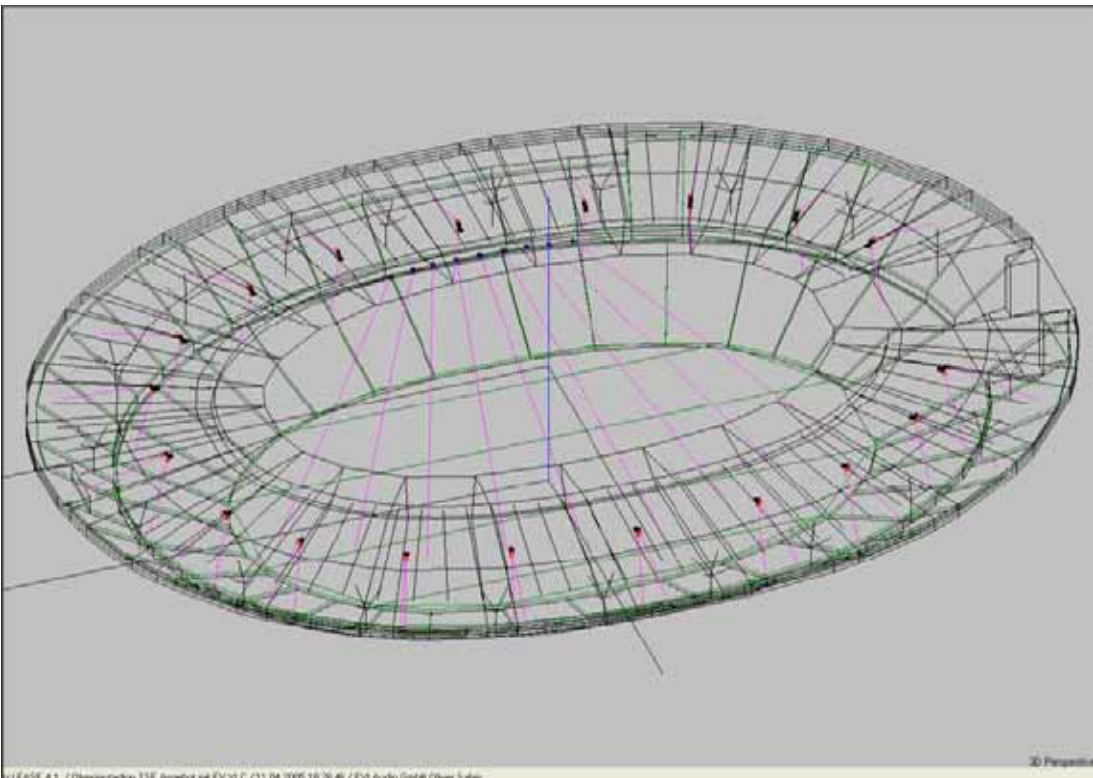


下方から眺める屋根の中のラインアレー



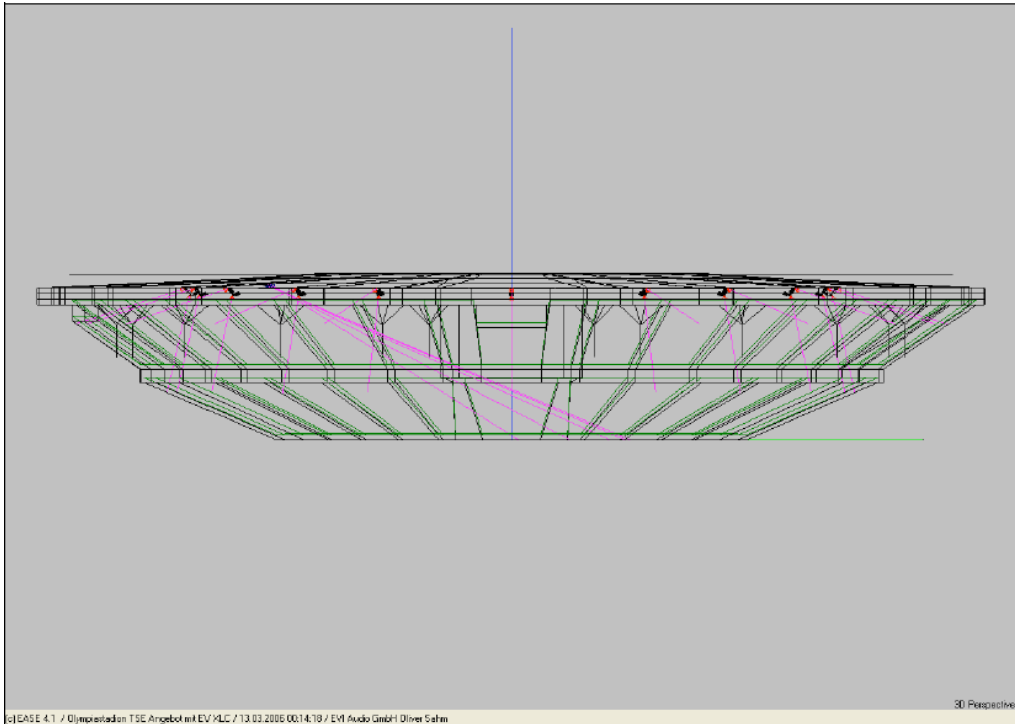
© EASE 4.1 / Olympiastadion TSE Angebot mit EV/SLC / 11.04.2005 18:28:52 / EVI Audio GmbH Oliver Sahn

EASE モデル 3D



© EASE 4.1 / Olympiastadion TSE Angebot mit EV/SLC / 11.04.2005 18:28:46 / EVI Audio GmbH Oliver Sahn

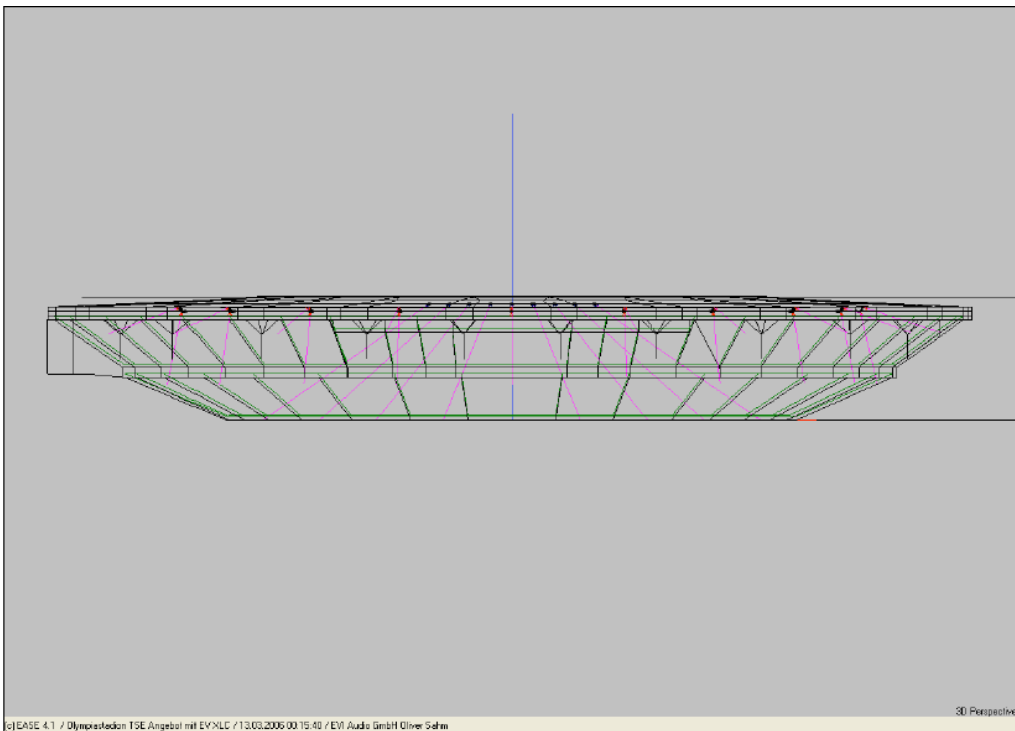
3D Perspective



© EASE 4.1 / Olympiastadion TSE Angebot mit EV XLC / 13.03.2006 00:14:19 / EVI Audio GmbH Oliver Sehm

3D Perspective

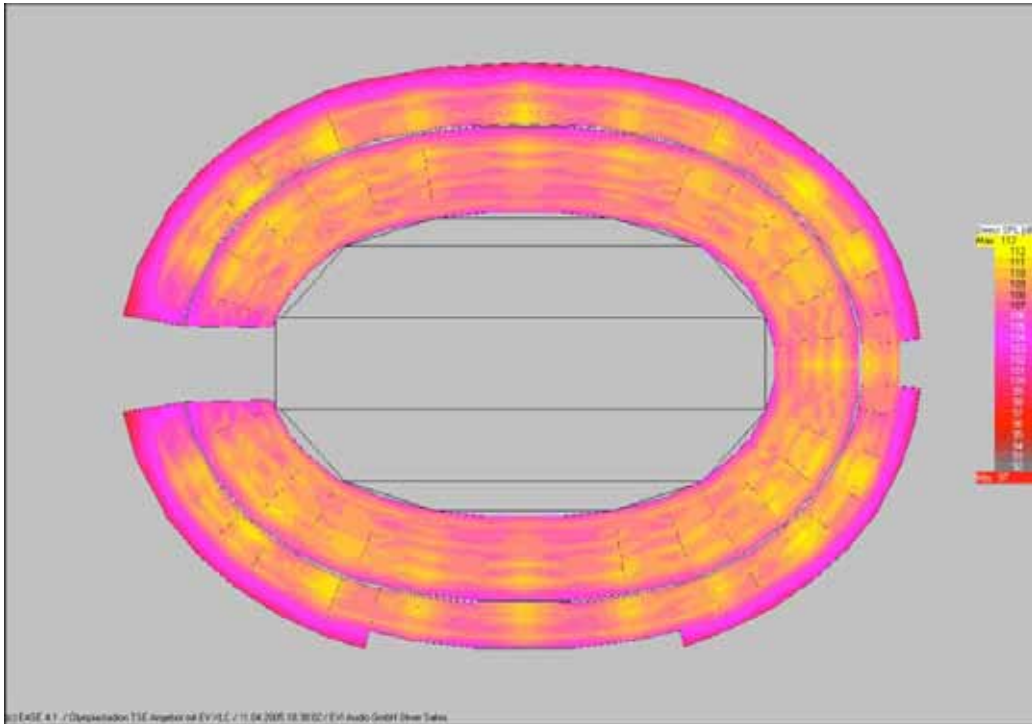
EASE Model 横断面



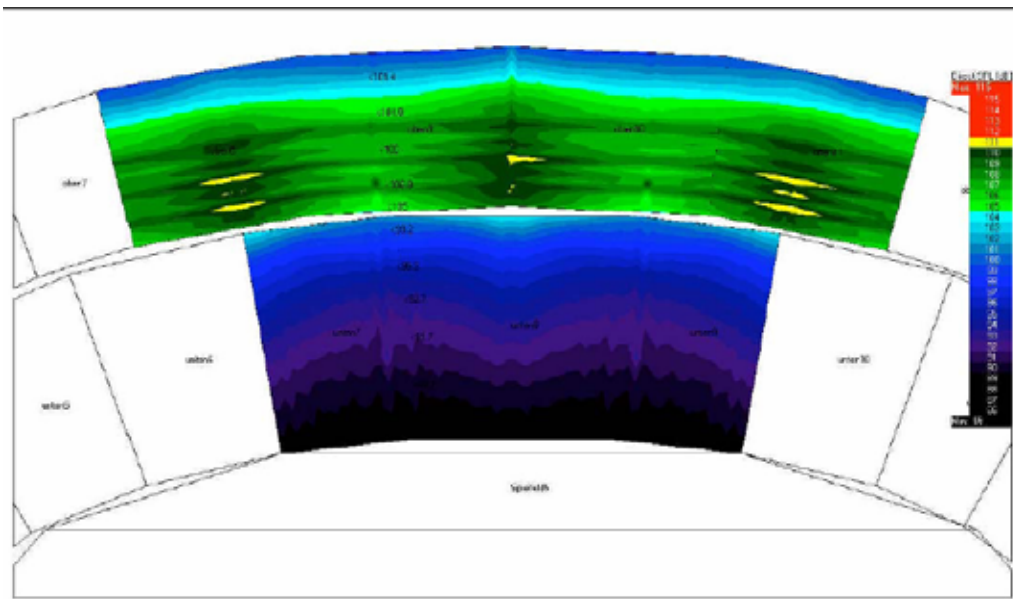
© EASE 4.1 / Olympiastadion TSE Angebot mit EV XLC / 13.03.2006 00:15:40 / EVI Audio GmbH Oliver Sehm

3D Perspective

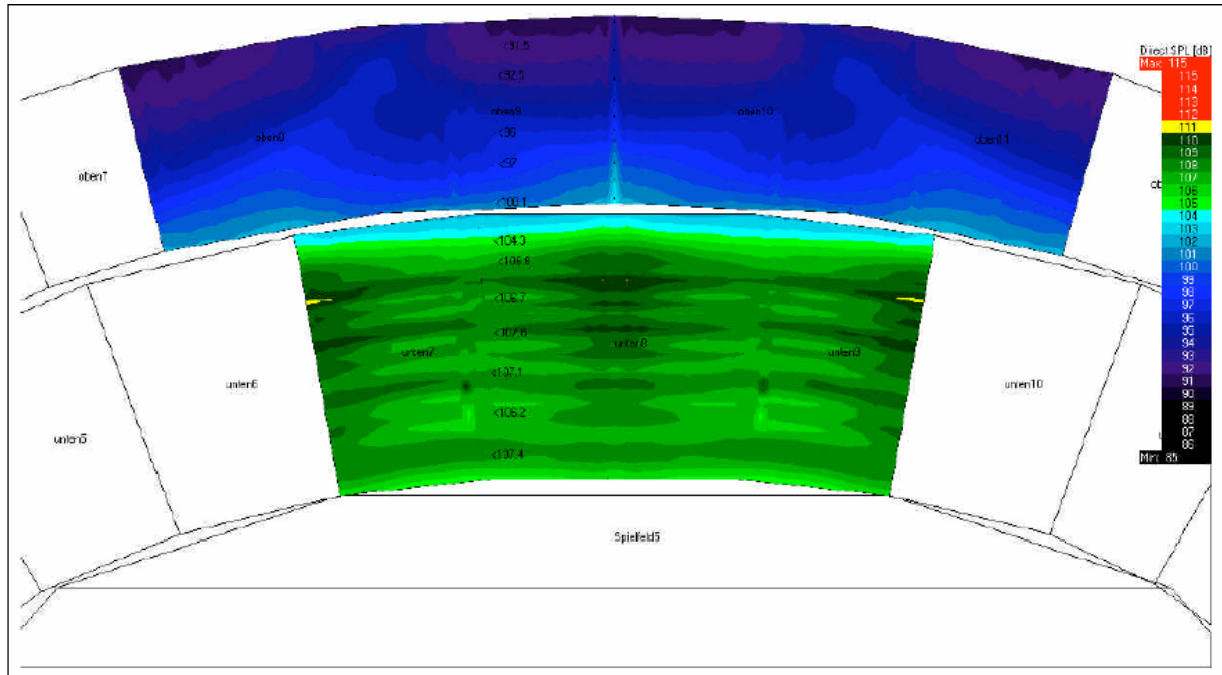
EASE Model 縦断面



EASE 直接音圧分布図

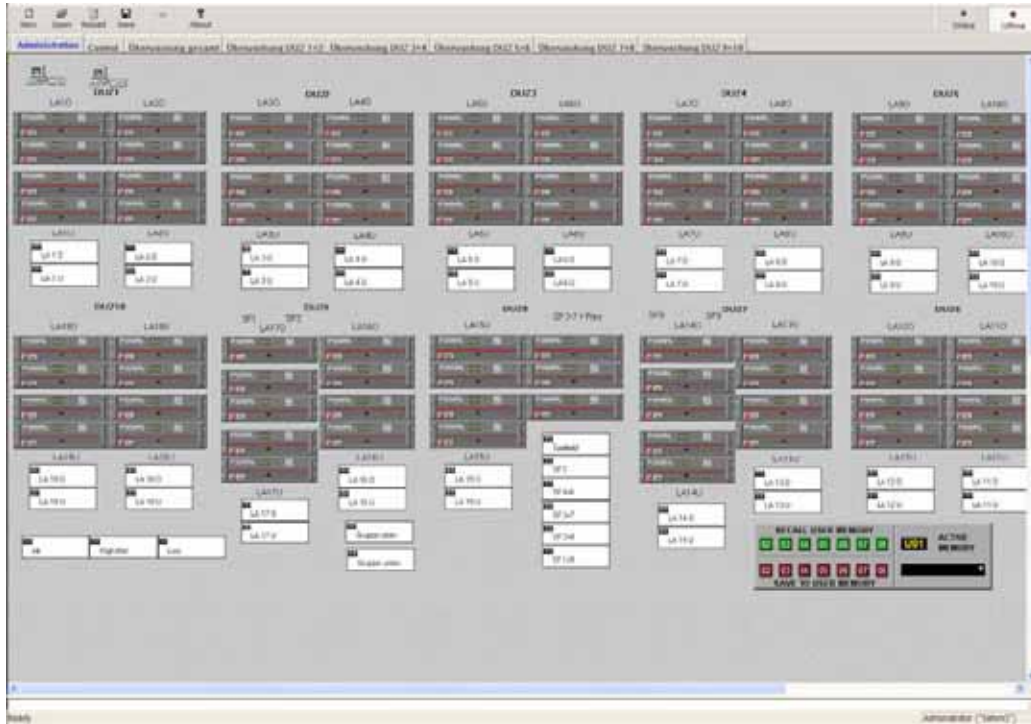


EASE 直接音圧分布図 上層階列の例

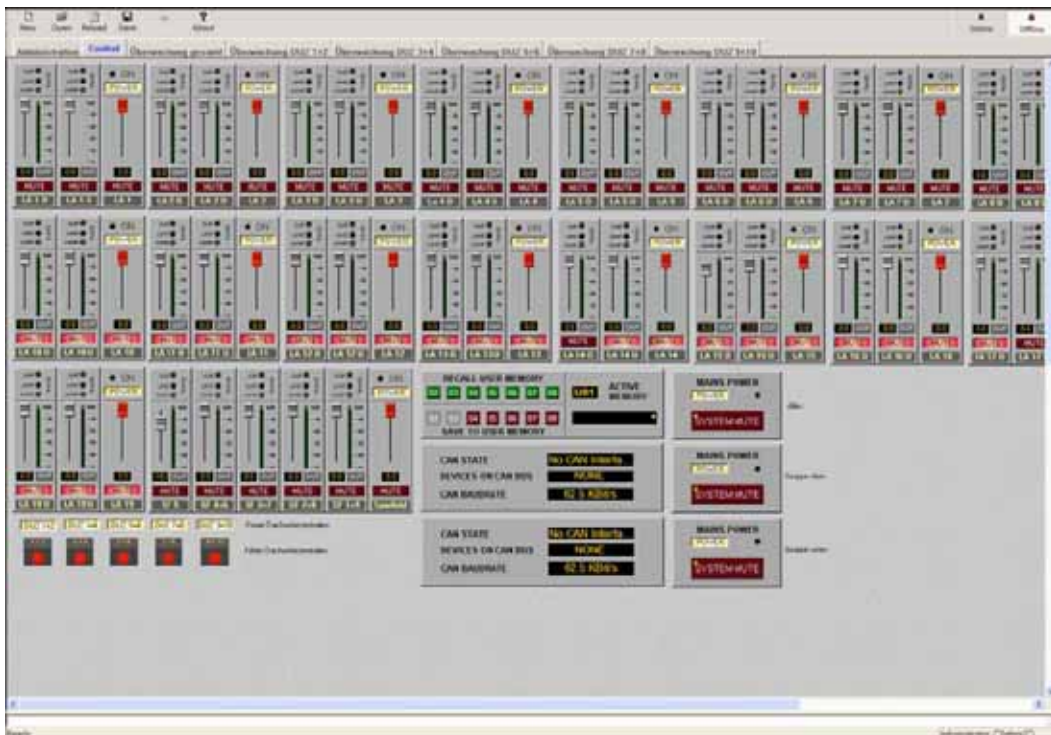


**EASE 直接音圧分布図 下層階列の例**

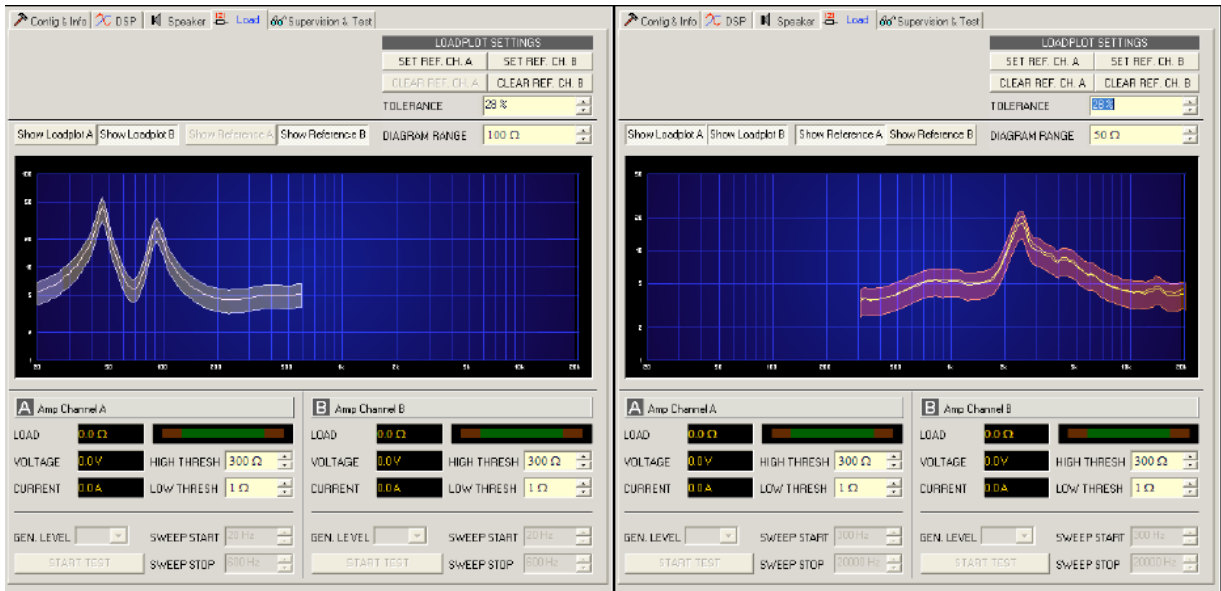
全てのグランドスタンド表面の正確なカバレッジは、直接音圧分布にはっきりと表れ、最上階の列の外側で音圧レベルの必要な減衰が見られます。音の放射を減らし、近隣の居住地域への平穏を確保し、ノイズ・コントロール法にも適合させています。



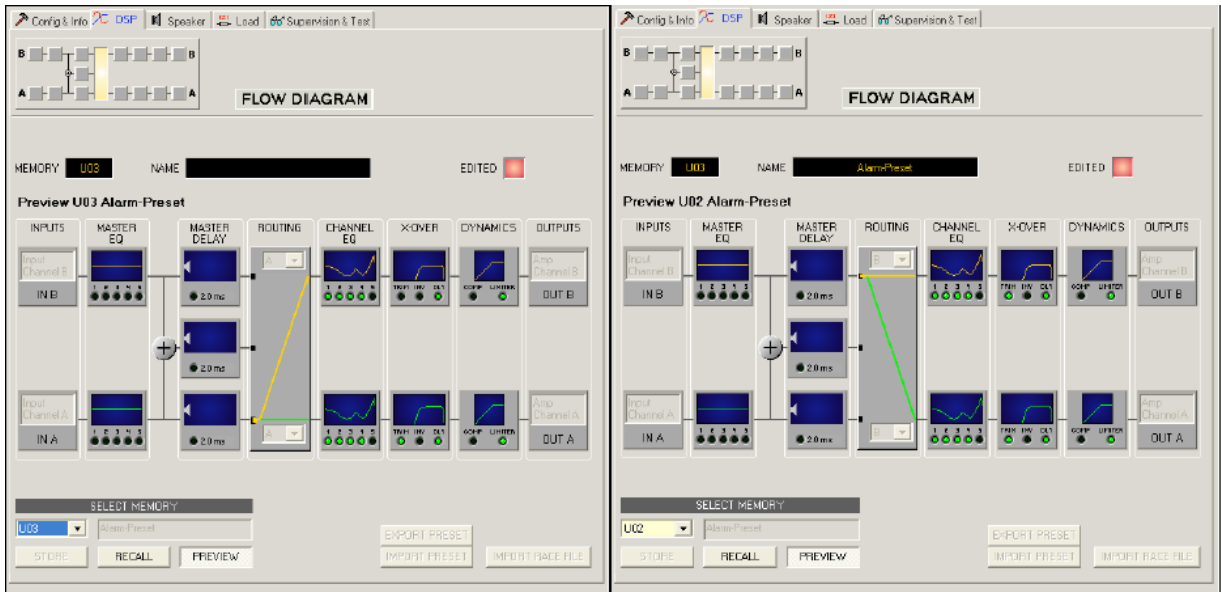
IRIS-Net ソフトウェア - システム管理レイヤー



コントロールレイヤー



IRIS-Net ソフトウェア：システムチェック、規定値カーブと許容差

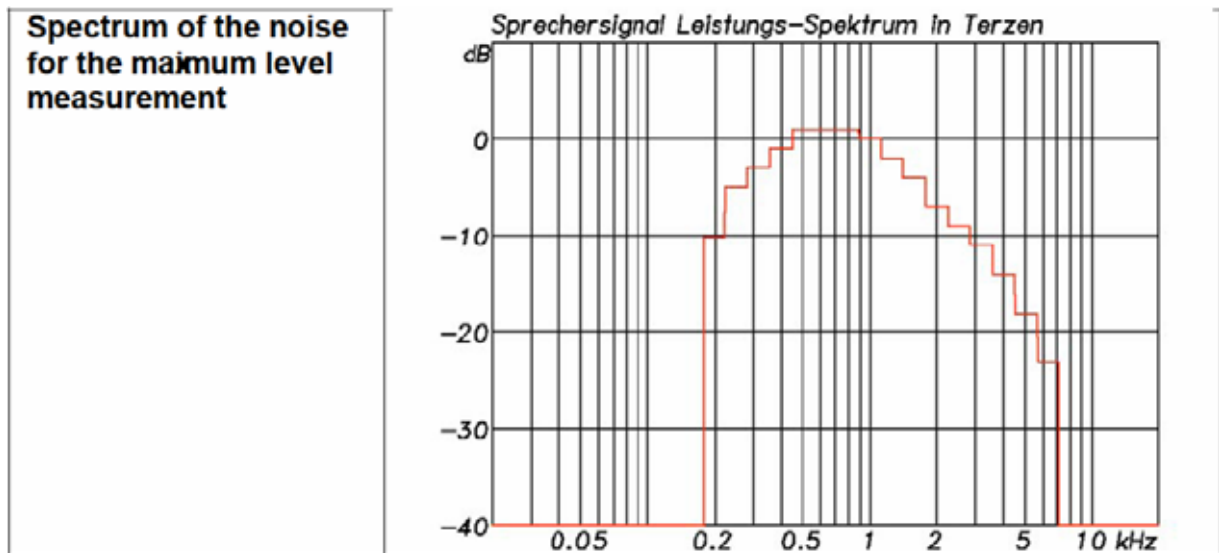


IRIS-Net ソフトウェア：分散型アンプ・プリセットの通常使用時  
リダンダント・アナログ・バックアップ・システム



	Mean value	Mean value
	1/3 Oct.	1/1 Oct.
Freq	T20	T20
Hz	s	s
100	4.03	
125	3.91	3.99
160	4.04	
200	4.29	
250	4.47	4.42
315	4.51	
400	4.86	
500	4.92	4.85
630	4.76	
800	4.93	
1000	5.19	5.19
1250	5.45	
1600	5.44	
2000	6.28	5.36
2500	4.37	
3150	3.95	
4000	3.32	3.28
5000	2.59	
6300	1.97	
8000	1.41	1.46
10000	1.00	

空席時のベルリン・オリンピック・スタジアム RT<sub>60</sub>



最大レベル測定におけるテスト信号のスペクトル

入札時では、101dB(A)と107dB(A)の間の最大レベルが各々に要求され、それらが認められました。これらの値は198ポイントでテストされ、その94%のポイントで基準をそれぞれにクリアしています。残りの6%は、レベルが基準の101dB(A)を1.3dB(A)落ちる一方で、システムはレベル・リザーブの3dBを確保しています。電気音響設備は、スタジアムの最大アラーム・レベルに関する条件を満たし、制限値の範囲内のノイズ放射レベルを保っています。

明瞭度は72ポイントで、両階のスタンドで測定しました。最小条件のSTI=0.5がスタジアムの満席時に85%の観客席で得られ、条件を満たしています。ノイズ信号は上記13dB S/N。

音圧レベル偏差は度量衡の方法で測定されました。グランドスタンドの上部先端と屋根の外側端との間にあるギャップで、レベルが客席より5.1dB減り、規定された差より1.1dB良い結果になっています。



ベルリン・オリンピックスタジアム