

平成22年度 電子航法研究所研究発表会 (2010年6月4日)

大規模数値解析を用いた 航空機電磁環境推定

ニッ森 俊一*

河村 暁子*

米本 成人*

日景 隆**

野島 俊雄**

*機上等技術領域

**北海道大学 大学院情報科学研究科

発表内容

■ 研究背景と目的

- 航空機の電磁干渉(EMI)問題

■ 大規模電磁界数値解析法

- スーパーコンピュータの適用と大規模対象の計算方法

■ 航空機内部の電磁界解析例

- 数値解析モデル
- 解析結果例

■ まとめと今後の予定

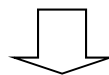
研究背景と目的

■ 航空機内における電磁環境についての研究状況

- 航空機内での、一部の携帯電子機器(PED)の使用制限
- 電子航法研究所では最近のPEDについて放射電磁波の調査と、それらの機上装置への干渉に関する分析・評価を実施

航空機内の電磁干渉障害に関する調査(平成10年～)

433 MHz帯アクティブIC タグによる航法装置等への電磁干渉に関する調査(平成18年, 19年)



航空機内外での電波の強さ, PEDからの機上無線装置に回りこむ電波の強さ(経路損失)を測定評価

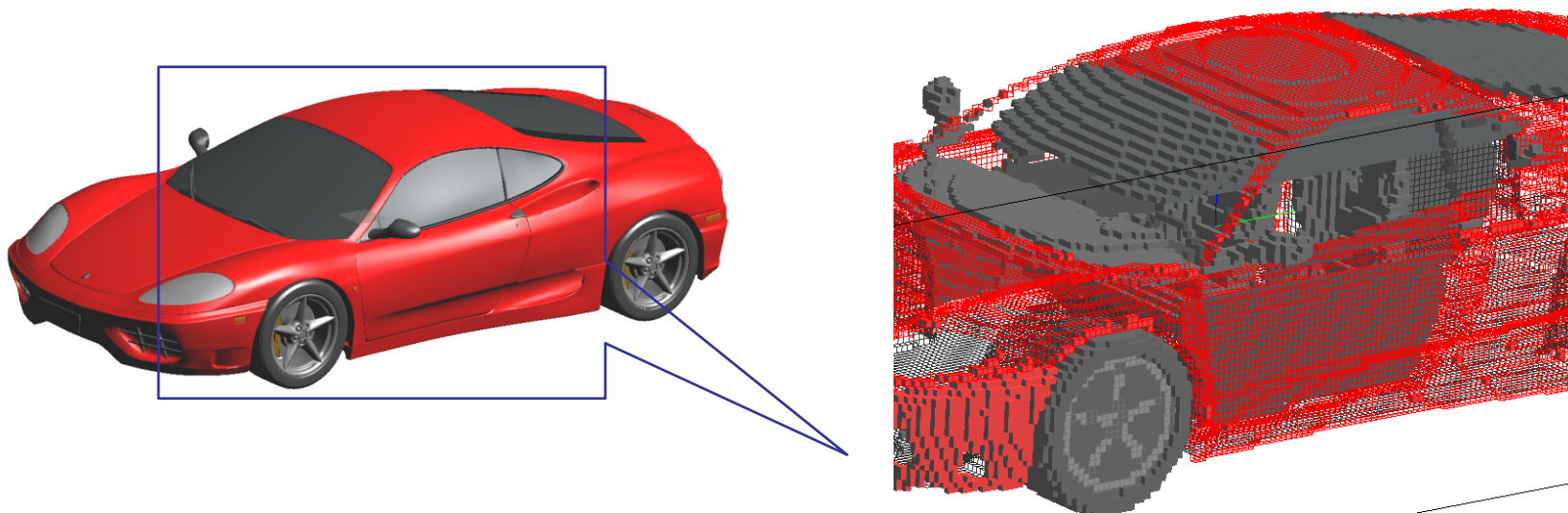
航空機内外における電波の強さ等, 電磁環境を数値解析で推定

新造機のEMI評価の簡略化

干渉発生メカニズム等の詳細な電波のふるまいの検討

電磁界数値解析法

- 時間領域差分法 (Finite-difference time-domain method, FDTD法)
 - マクスウェルの方程式 (電波のふるまいを表す式) を時間領域で計算
 - 計算対象 (解析領域) を微小空間 (Yeeセル) に分割し, 電磁界の時間応答を得る

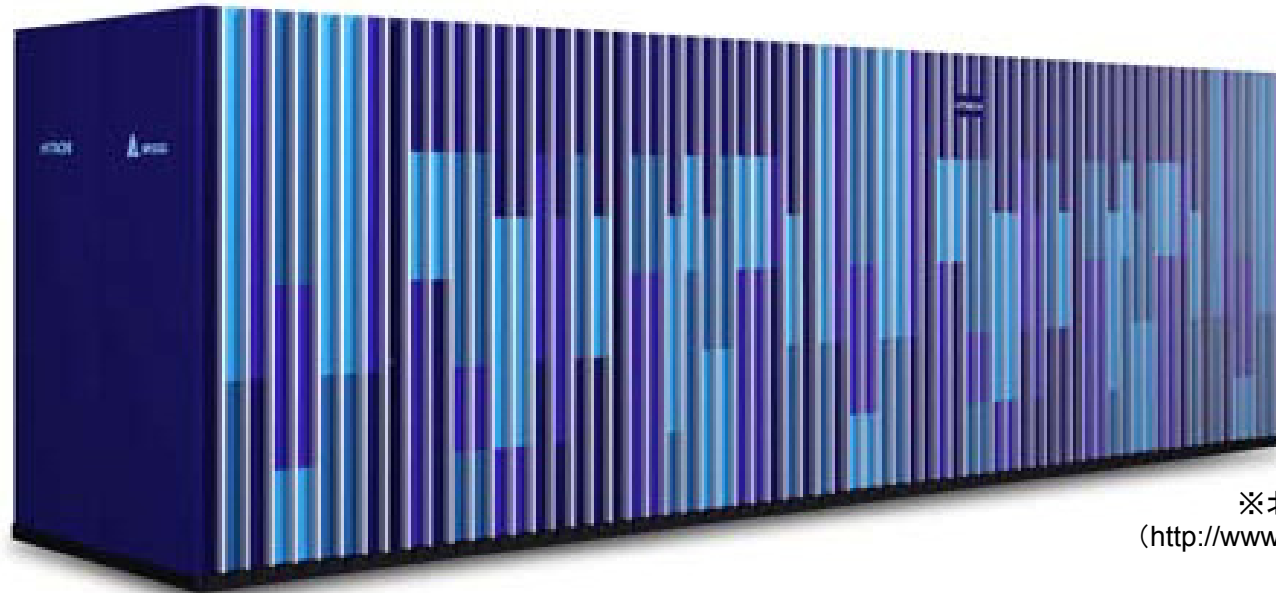


正確な結果を得るためには, セルサイズを十分に小さくすること (波長比10分の1以下) が必要
航空機のような大規模な解析モデルの場合, セル数が増大し, 最新のPCでも解析不可能

大規模モデルを解析するため, スーパーコンピュータを適用

スーパーコンピュータとは①

■ 数値解析用スーパーコンピュータ(HITACHI SR11000/K1)



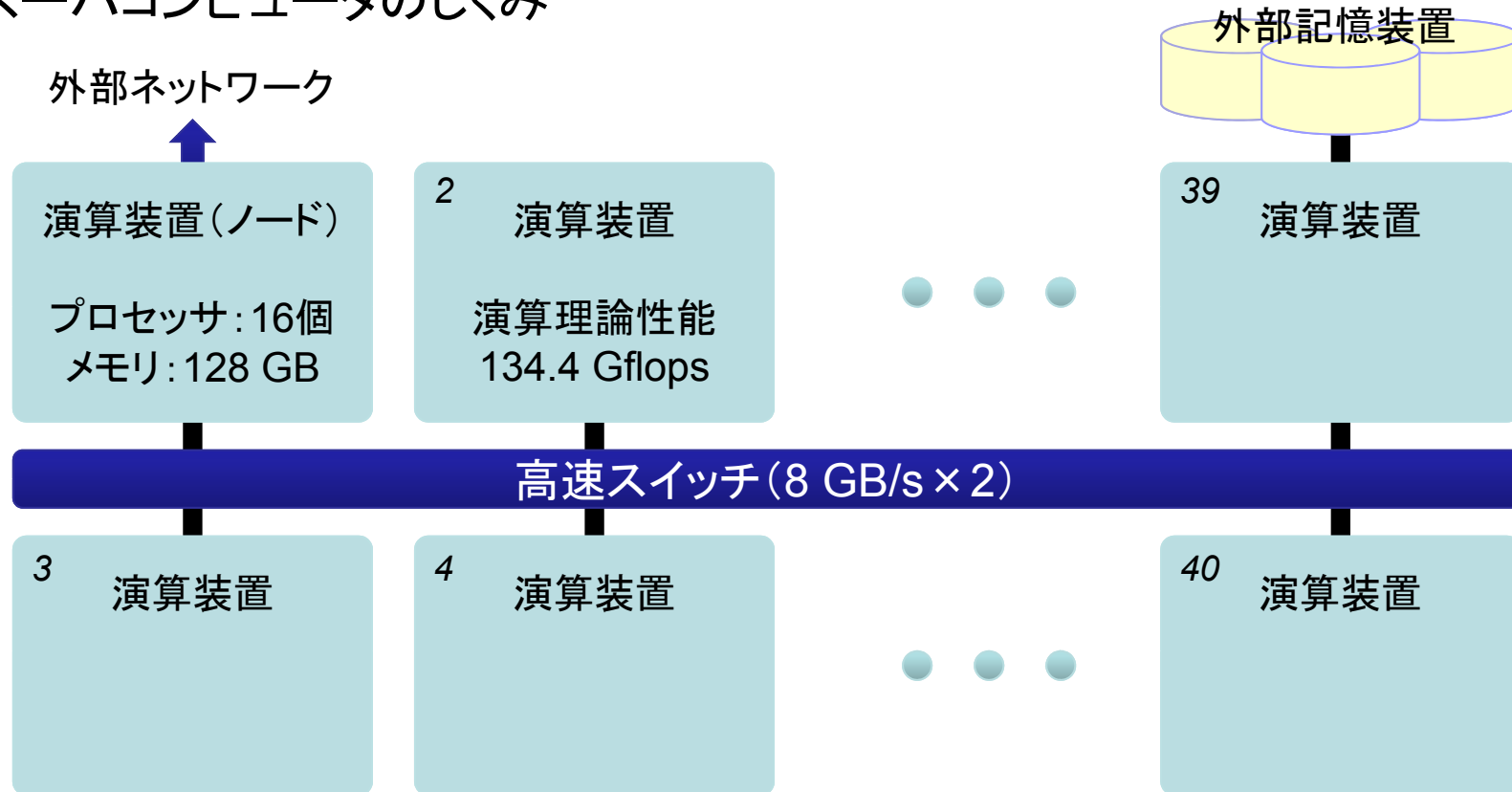
※北海道大学情報基盤センターHP
(http://www.hucc.hokudai.ac.jp/hop_info.html)より

	演算性能 (計算の速さ)	主記憶容量 (計算の大きさ)
スーパーコンピュータ(全体)	5.4 Tflops	5 TB
スーパーコンピュータ(1ノード)	0.13 Tflops	128 GB
通常のパーソナルコンピュータ	~0.05 Tflops	~8 GB



スーパーコンピュータとは②

■ スーパーコンピュータのしくみ



大規模, 高精度, 超高速数値解析を実現

演算素子(ノード)を同時に利用する, 複数ノード並列プログラミングが可能

大規模な対象の計算方法

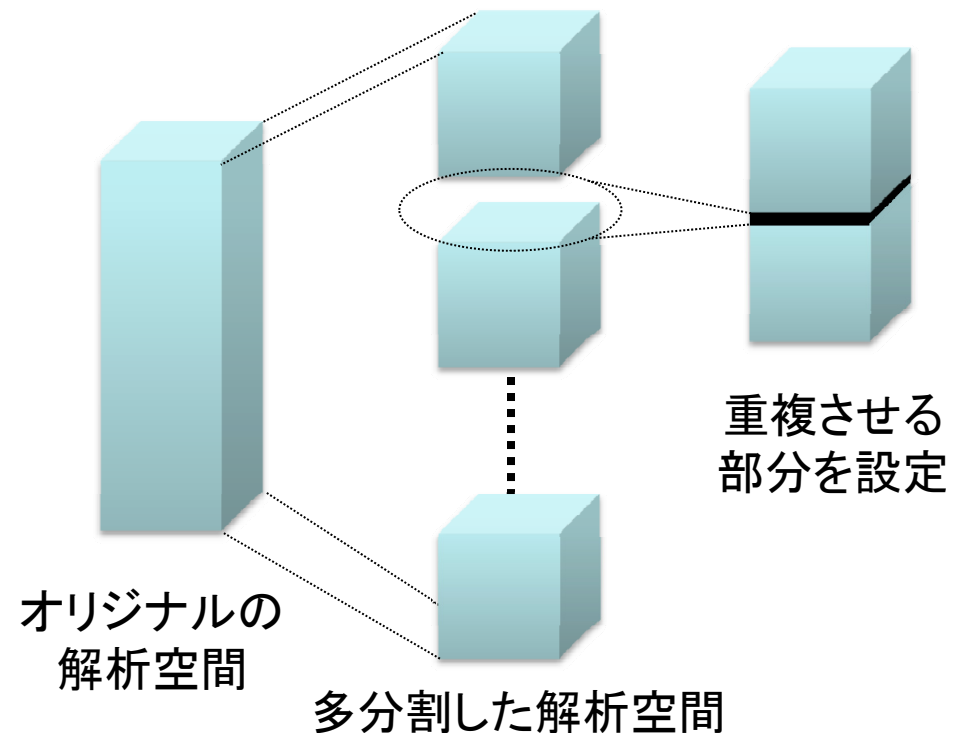
■ ボーイング社製777-200を解析対象とする場合



- 胴体のみで6.4 m × 6.4 m × 52 m (幅 × 高さ × 奥行き)
- 1 cm³のセルサイズで解析を行うと, $640 \times 640 \times 5200 = 212$ 億992万セル

大規模な問題を, 複数のノードに
多分割して並列化

並列化による同時処理を実現し,
高速化も達成可能



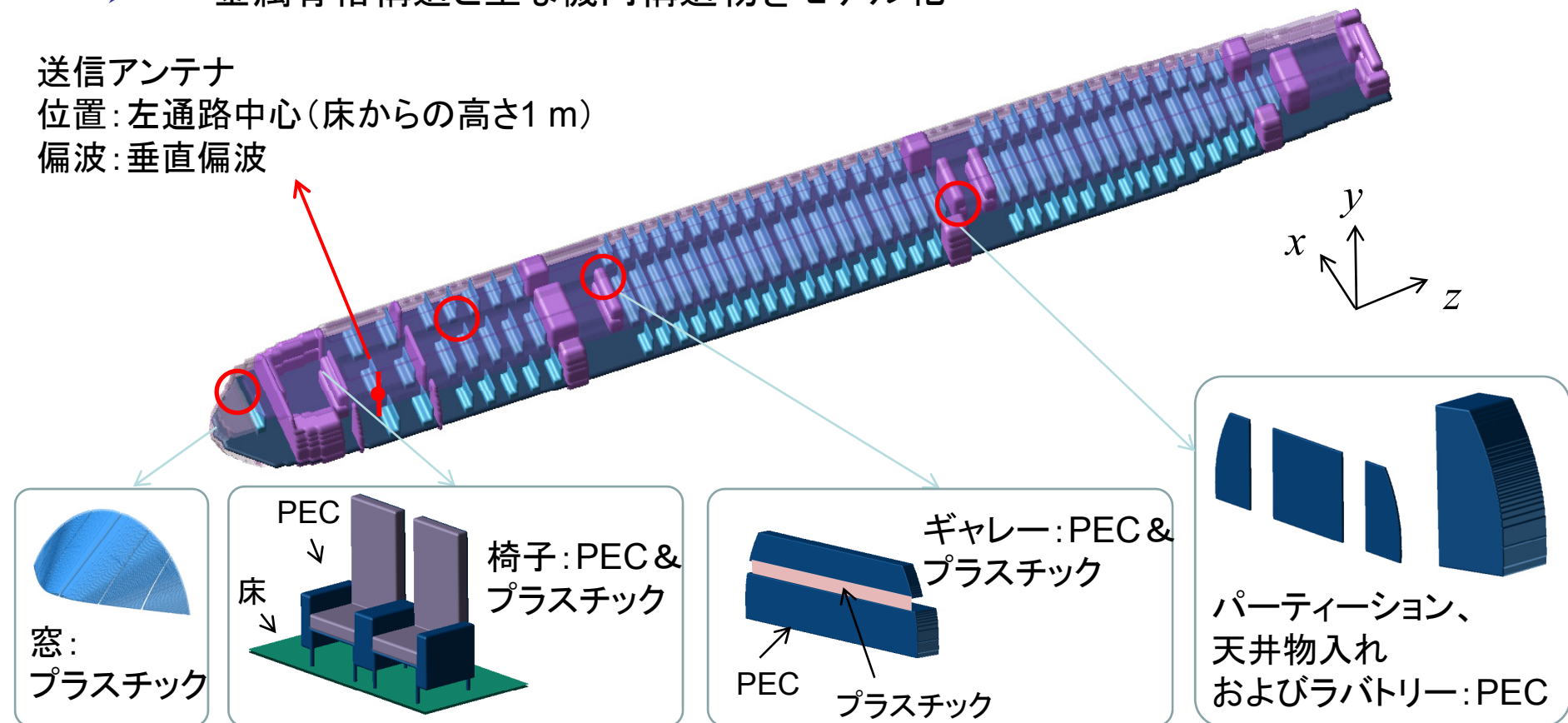
航空機モデル①

■ モデル概観

- ボーイング社製777-200を模擬
- 金属骨格構造と主な機内構造物をモデル化

※PEC:完全導体

送信アンテナ
位置:左通路中心(床からの高さ1 m)
偏波:垂直偏波



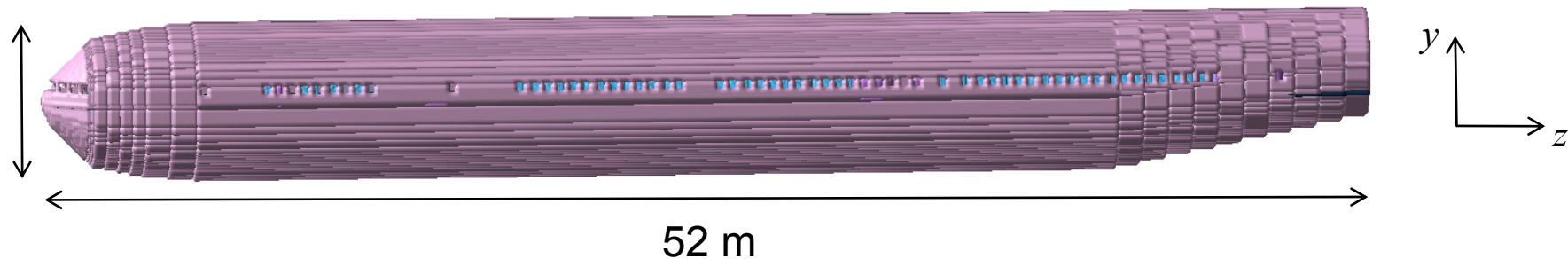
航空機モデル②

■ 数値解析パラメータ

- 携帯電話端末で用いられる周波数を想定
- 解析領域を均等に6分割して計算

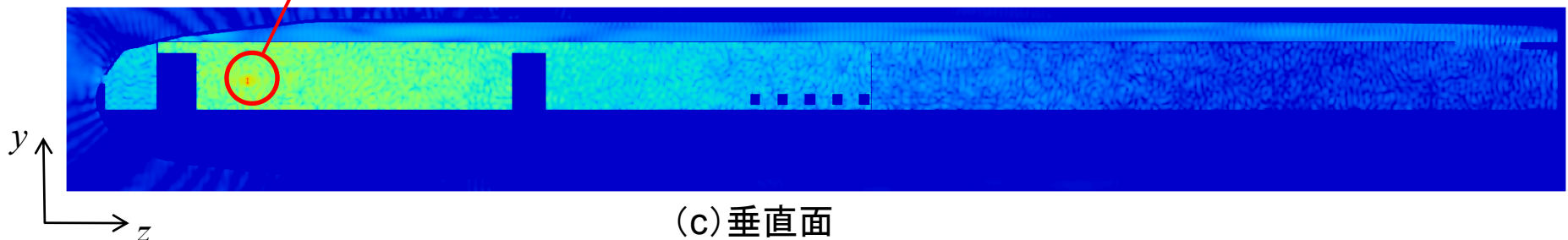
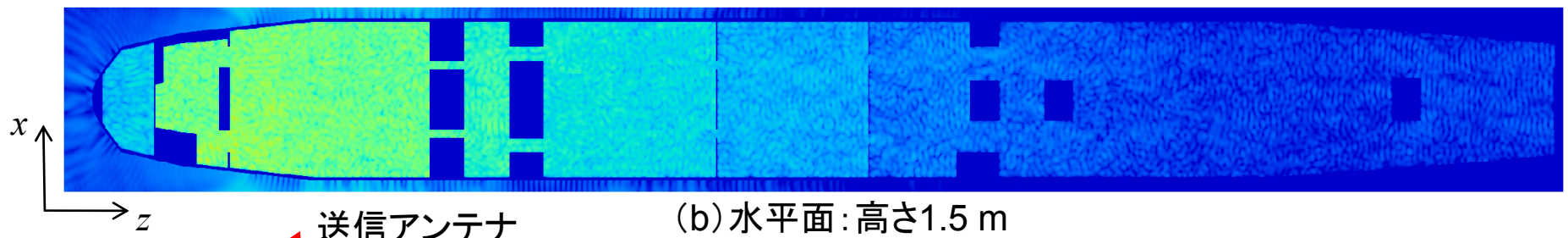
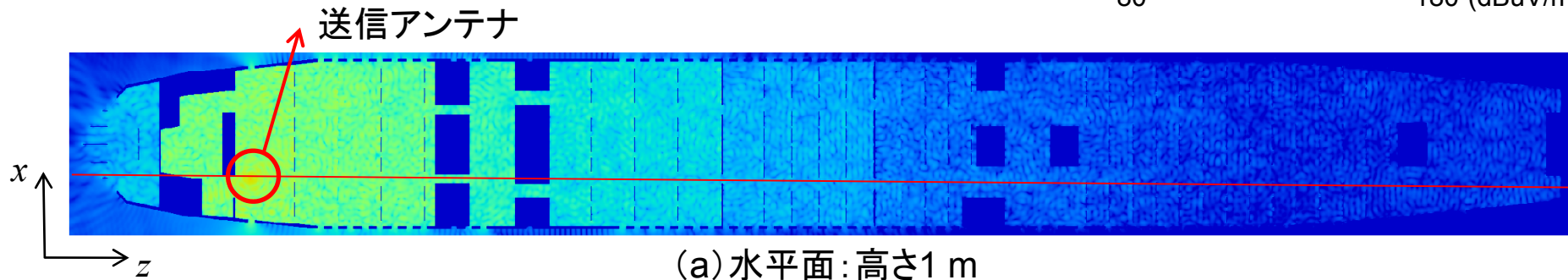
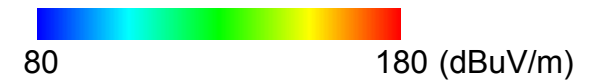
セル数	673 × 673 × 5298 (x, y, z)
セルサイズ	1 cm 間隔
周波数	810.05 MHz
必要メモリ	720 GB (120 GB × 6ノード)
アンテナ	2分の1波長ダイポールアンテナ 入力電力 0.1 W

6.4 m



電界強度二次元分布の推定例

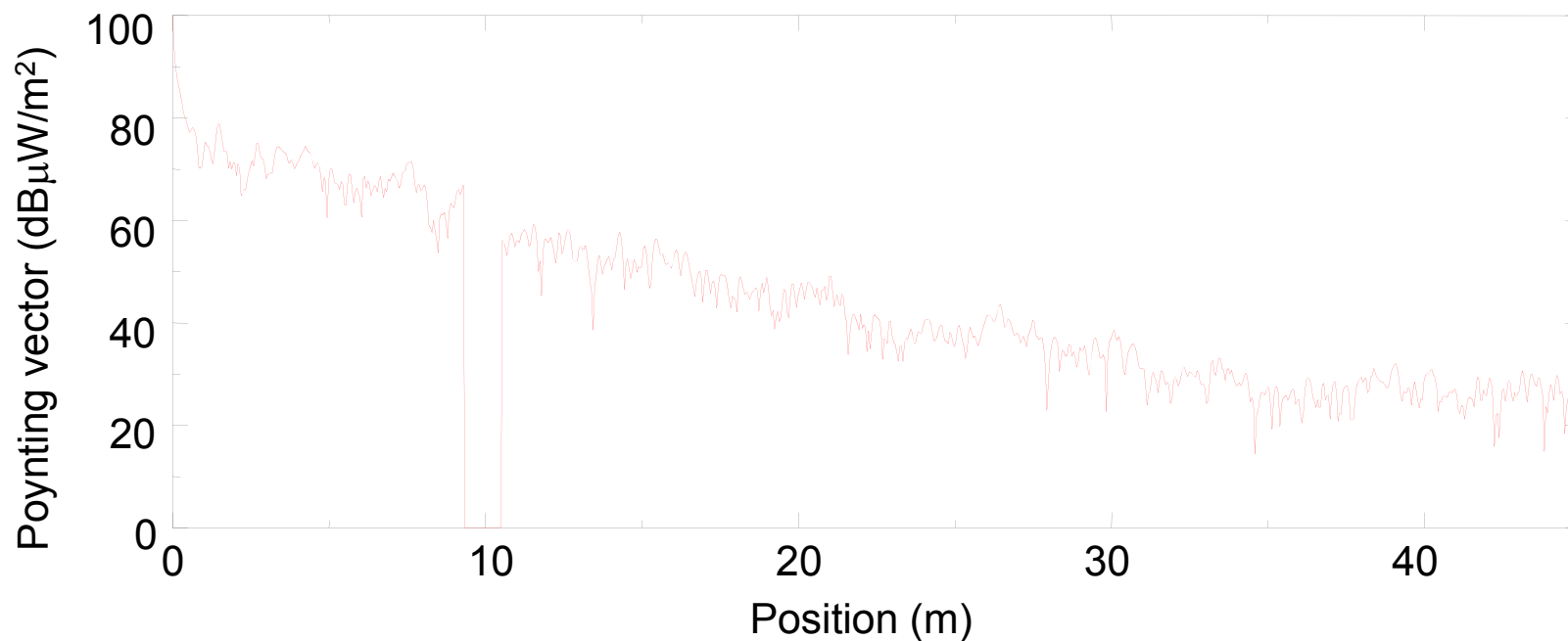
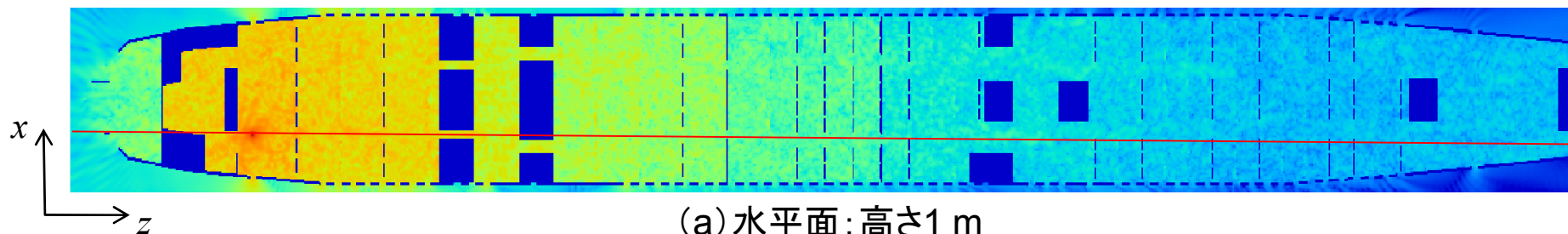
■ 電界強度振幅の絶対値(三軸合成値)



航空機内部の定在波発生や電界強度の細かな変動等の詳細な分布を取得

ポインティングベクトル一次元分布の推定例

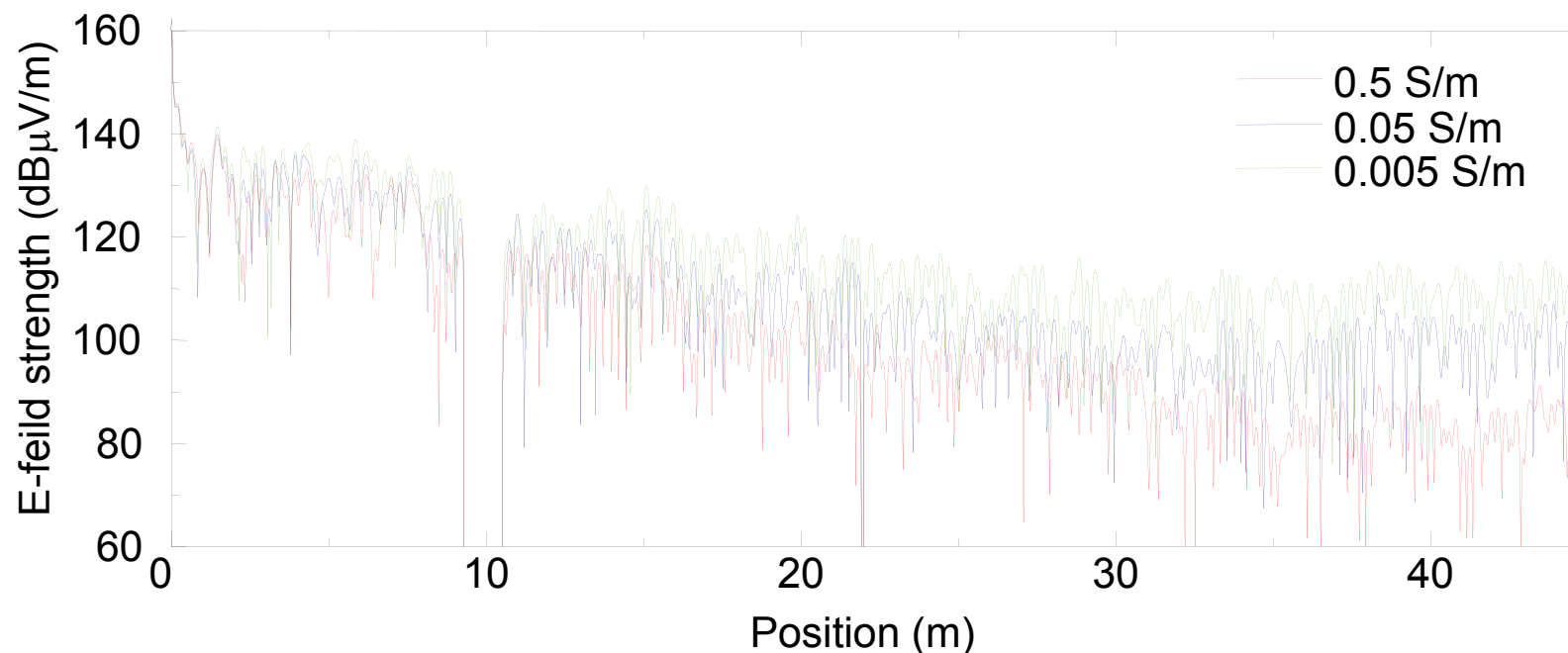
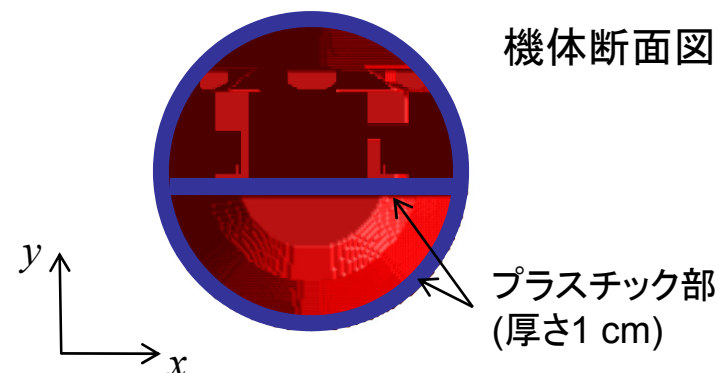
■ ポインティングベクトルの絶対値(三軸合成値)



解析モデルの重要性

■ 電界強度振幅の絶対値(主偏波: y 軸方向)

- 機体内装プラスチック部の導電率を, 0.5, 0.05, 0.005 S/mに変化



機体の材料および構造パラメータは結果に影響大のため、注意深くモデル化が必要

B777-200機内電界測定状況

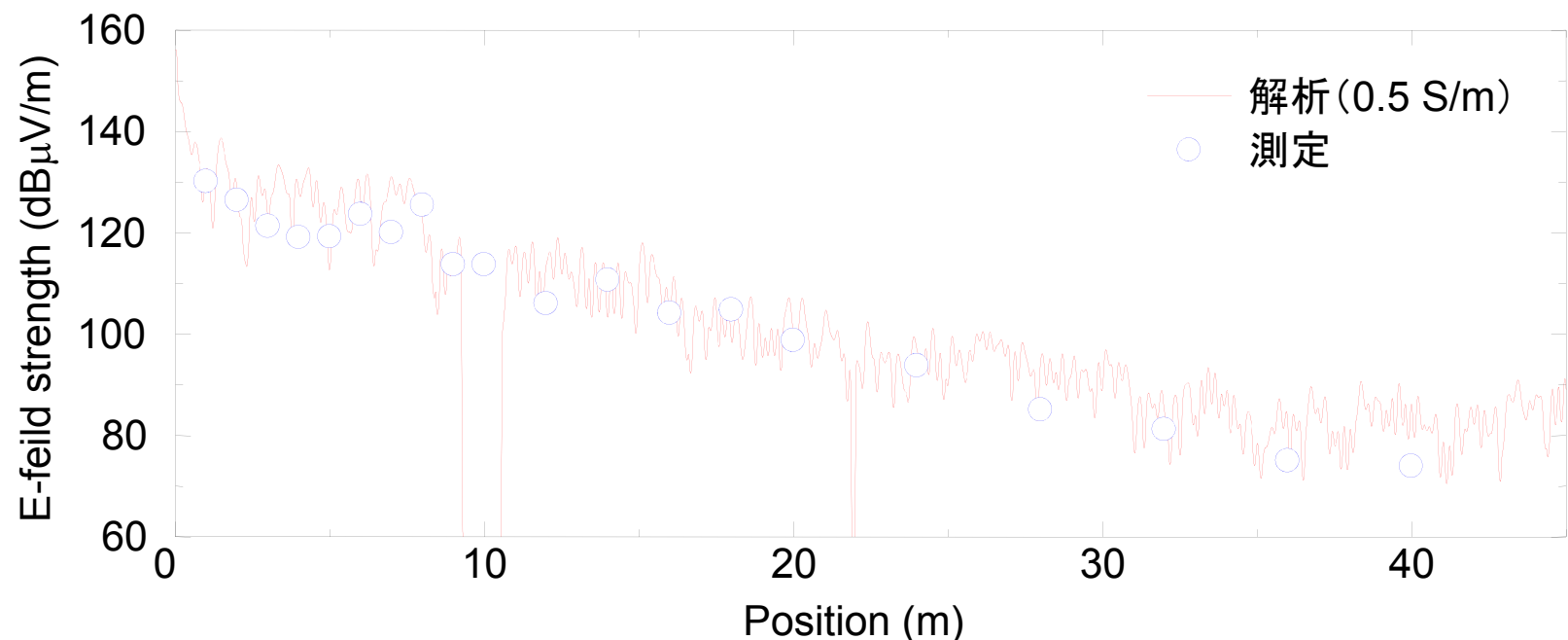


アンテナの向き(偏波), 高さ, 位置を変えながら測定を実施

測定との比較

■ 電界強度振幅の絶対値(主偏波:y軸方向)

- 前述のボーイング社製777-200機内電界測定結果と比較
- 水平面高さ1 mにおける機内電界値



測定と解析結果を比較し、互いにフィードバックをしながら解析精度向上を目指す

まとめと今後の予定

■ まとめ

- 大規模電磁界数値解析を用いた航空機電磁環境推定法

航空機内外における電波の強さ等, 電磁環境を数値解析で推定可能な場合, 新造機のEMI評価の簡略化, および干渉発生メカニズムの詳細検討が期待

大規模な問題を多分割して並列化し, 複数ノードで計算可能な スーパーコンピュータを用いることで, 高精度かつ高速な数値解析を実現

大型航空機の数値解析結果から, 航空機内部の定在波発生や 電界強度の細かな変動等の詳細な分布を取得可能であることを確認

■ 今後の予定

- 航空機モデルの材料パラメータおよび機内構造の詳細検討
- 解析結果と測定結果の比較検討を行い, 解析精度向上