

日本におけるシミュレーションと ビジュアライゼーションの歩み

平成27年11月6日

佐藤 哲也

まえおき

- 人は自らの周り(外界)を観察し、物事を**認識**し、情報を蓄積し、分析し、**知恵**を獲得し、蓄積していく。そして、その獲得した知恵を外界に活用して自らの命を育んでいく。

認識

- ・外界を認識する機能として、五官を有している
眼・耳・鼻・舌・身(皮膚)
これらの五官(アンテナ)を用いて、外界を認識
視覚・聴覚・嗅覚・味覚・触覚(五感)
- ・逆に、五感を用いて人々に伝える手段が**表現法**
視覚にうったえるのが**可視化(Visualization)**

知恵の獲得(文明)

- 一万年という悠久の歳月をかけ、人は五感で得た情報から生き延びるための知恵を蓄積していった(文明)
- この400年は、西洋科学という合理的に知恵を得る手段を開発し、それまでの自然環境に支配された受け身的な生活から脱皮し、環境を支配(破壊)する能動的な生活へと変貌させた

今日のお話しのねらい

- 皆さんが、ビジュアライゼーション技術の時代に応じた進化を把握し、その有する能力を正しく認識し、**今後の研究の発展すべき方向性を見いだしていただけることを念願する**



温故知新

人の創造力としての表現法の進化

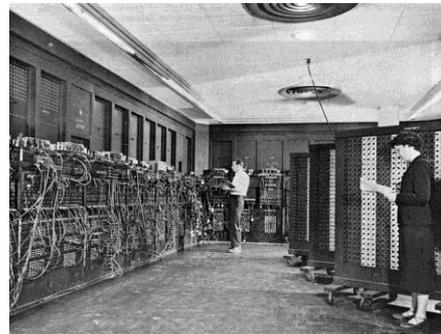
- 先史時代における洞窟の壁に狩猟の状況などを描く(アルタミラの洞窟の壁画など)
- 種族の結束や役割を表現する為の顔や身体にカラフルな模様を描く
- ギリシャやローマ時代は、神話の英雄や女神などの彫刻を創り、人の心の拠り所とする術を開発
- ルネッサンス(文芸復興)は絵画や音楽などの人間の心の表現能力が劇的に噴出
- 人形劇、紙芝居、劇場型ショー(芝居、演奏、ダンス等々)、映画の等の大衆の娯楽の普及

近代における可視化技術の開発

- 写真機、8ミリ動画、テレビ、パソコン、スマートフォン等の普及によって庶民の生活の真っ直中に可視化が溶け込む
- 立体的映像表現技術の登場
 - ホログラフィー
 - 仮想現実(CAVE)

シミュレーション研究の開始

- 電子計算機との出会い： 1963年の卒業研究
矢島修三先輩が博士研究として製作した半導体
電子計算機を利用
- シミュレーション研究開始： 大型計算機センター
に導入されたHITAC5020(東大)とFACOM23
0-60(京大)を乗り継ぎながらプラズマ不安定性
(クロスフィールド不安定性)の非線形発展の解
明に着手(博士論文研究1965~1968)



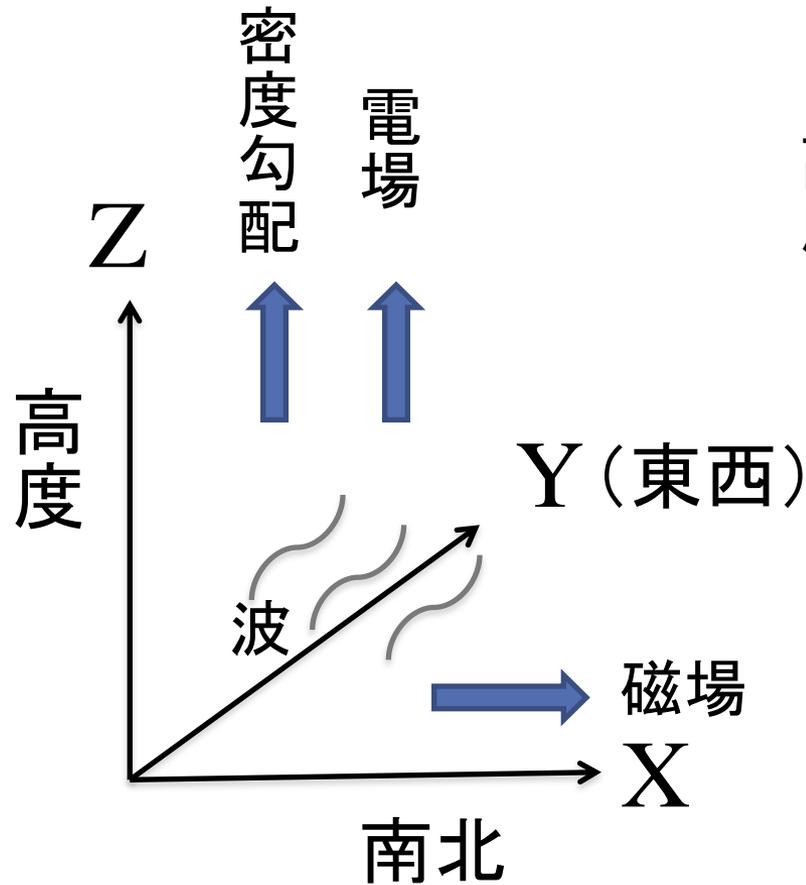
ENIAC (1946)

静止画像表現の時代

(1960年代)

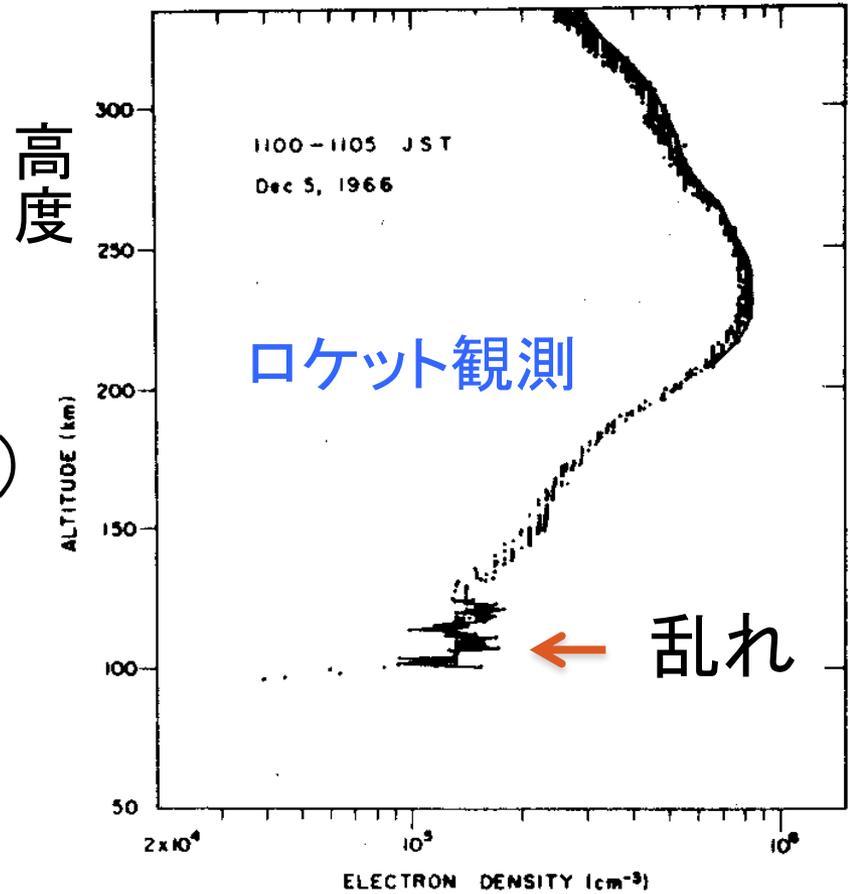
- ・1960年代はシミュレーションも2次元が限界であり、その結果の表現も**2次元面上に二つの変数間の相関図**を描く、あるいは、**時間発展は、静止画を離散的に並べる**のが精々であった
- ・以下には、私の最初の研究テーマであるクロスフィールド不安定性のシミュレーション結果を例にとって表現法を紹介する

電離層における乱れの存在 —クロスフィールド不安定—



モデル設定

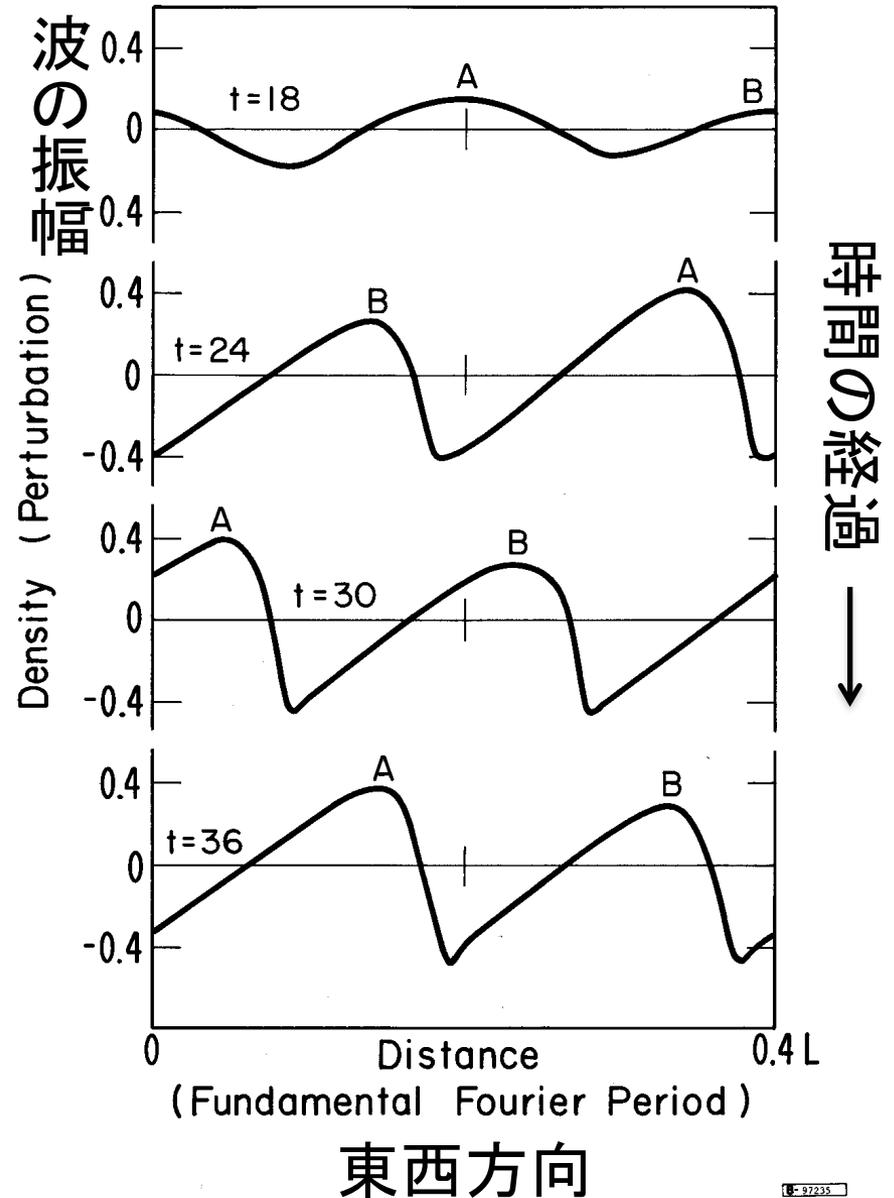
電離層電子密度分布



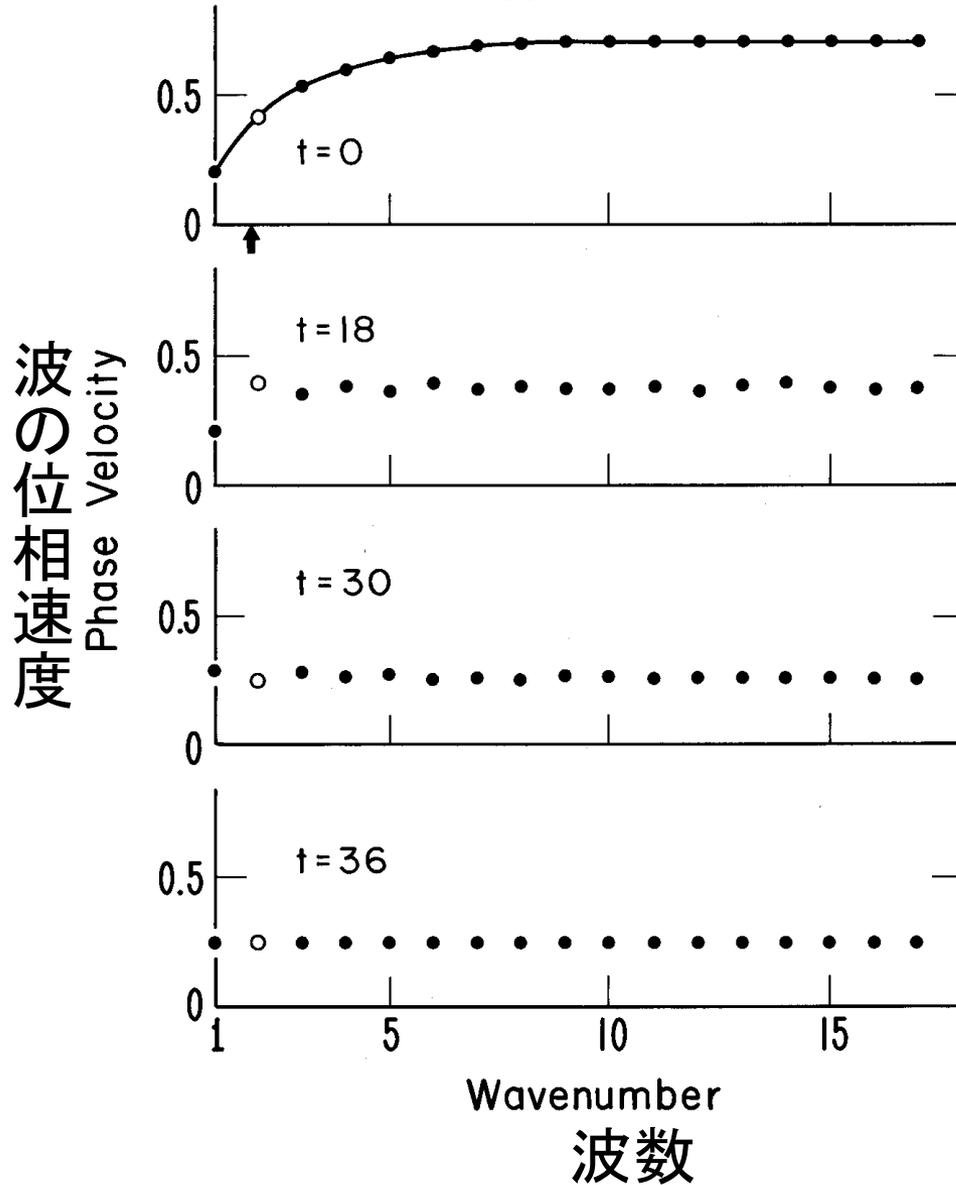
(a) 密度

$$\frac{E_{\text{ext}}}{E_{\text{co}}} = 5.4$$

- ・クロスフィールド不安定性の一次元シミュレーション
- ・東西(Y-方向)に伝わる波の非線形モード間相互作用による成長とノコギリ波の形成



$$\frac{E_{\text{ext}}}{E_{\text{co}}} = 5.4$$



時間の経過



← 定常波の形成

非線形飽和状態に於ける慣性小領域の実証実験 (1967年)

波の飽和振幅

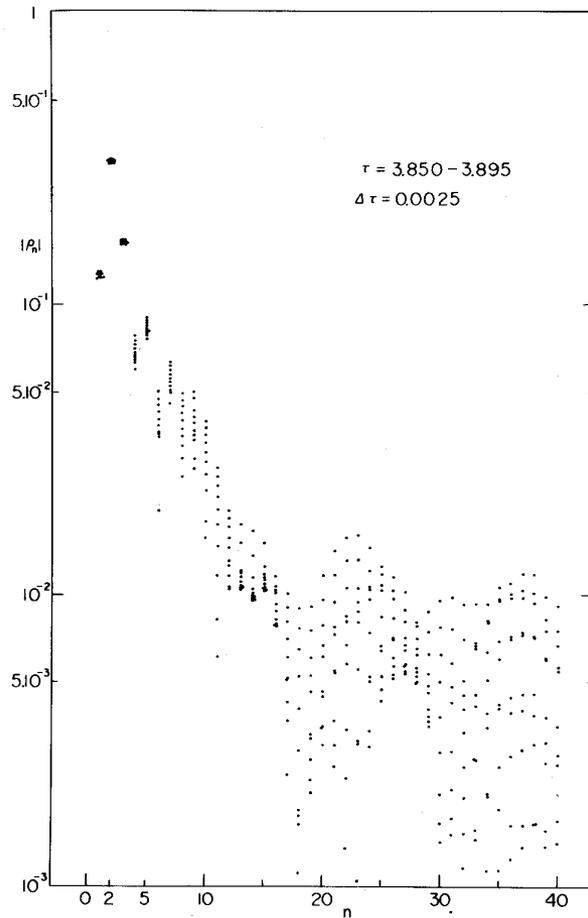


Fig. 1(e)

(1) 40フーリエモード実験

波の飽和振幅

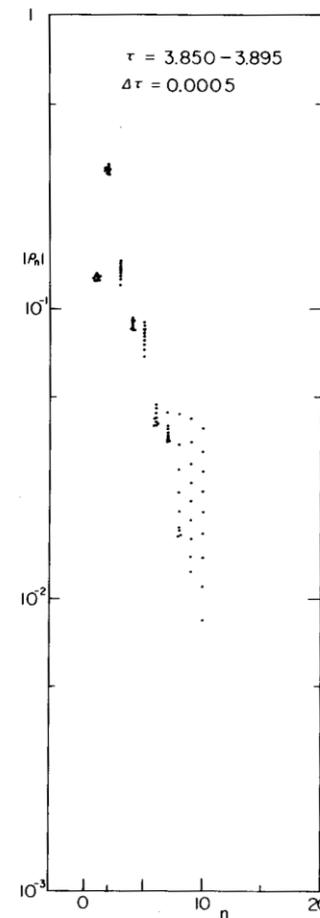


Fig. 2

(2) 10フーリエモード実験

シミュレーションの新たな表現法の開拓

- ・1960年代はシミュレーションも2次元が限界であったが、当時のコンピュータの性能ではほとんど誰もが挑戦しなかった**完全3次元シミュレーション**に挑戦した。
- ・一つの初期条件にたいし、1965年と1967年に発足した東大と京大の大型計算機センターを何度も乗り継ぎ、やっと2~3年かけてシミュレーションが終わるという大がかりなものであった

静止画像表現から動画表現へ

(1970年～)

- ・当時としては大作であった3次元非線形シミュレーション結果を多くの人に見せたいという願望があり、方々情報集めに駆け回った結果、デジタルデータを8ミリ動画に変換してくれる会社があることを知り、**8ミリ映像**を作ることに成功した

SATO 2 08

THE CROSS-FIELD INSTABILITY

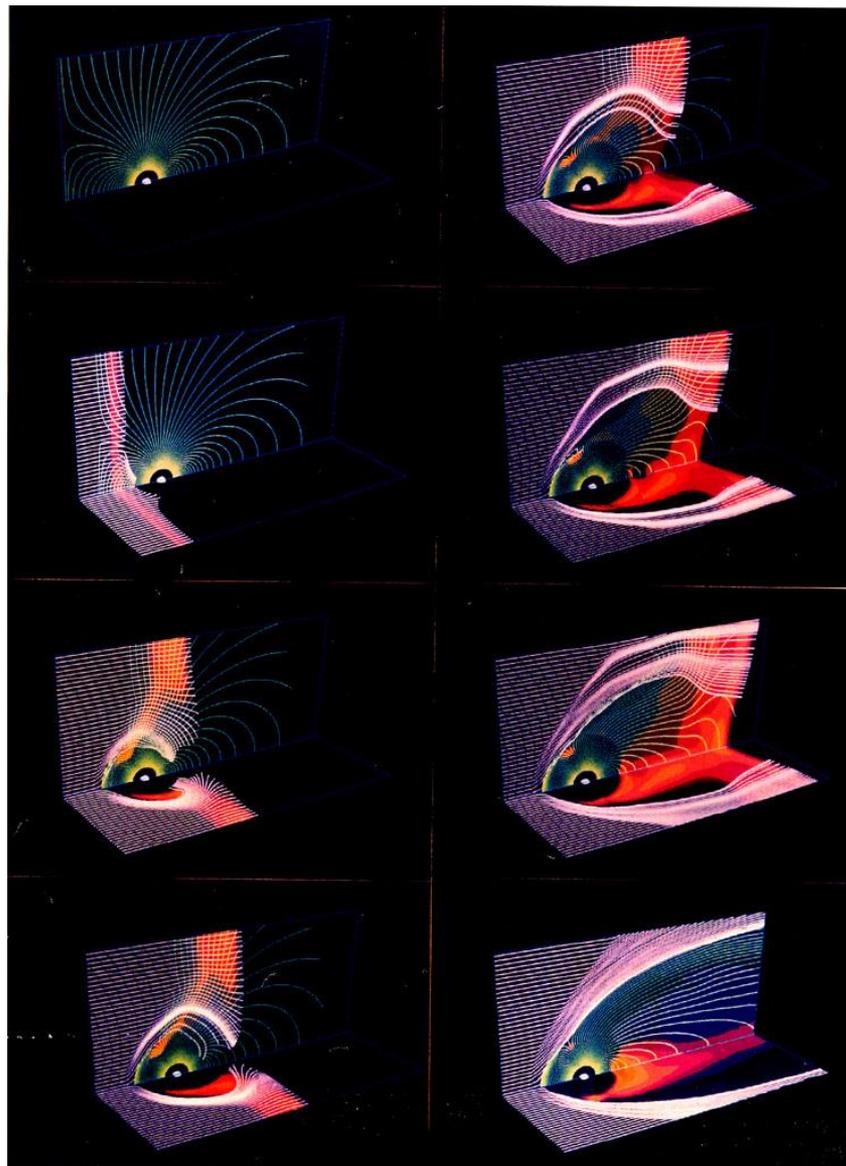
*CREATION AND ANNIHILATION
OF
PULSE PAIRS*

V20-18824 7

シミュレーションのカラー表現

- 物理変数には、**スカラー変数とベクトル変数**がある。スカラー変数(密度や温度や圧力等)は空間の一点で大きさをもち、ベクトル変数(速度や電場や磁場等)は大きさと方向をもつ
- 3次元シミュレーションでは、3次元空間の各点における**スカラー変数とベクトル変数が織りなす空間模様**の時間発展するデータが生みだされる(**ベクトル機開発、1976年、Cray 1**)
- スカラー変数とベクトル変数の織りなす模様を如何に**正確に、しかも、解りやすく、魅力的に表現するかが表現法の神髄**

太陽風と地球磁場の相互作用による磁気圏形成



シミュレーション研究の質的転換

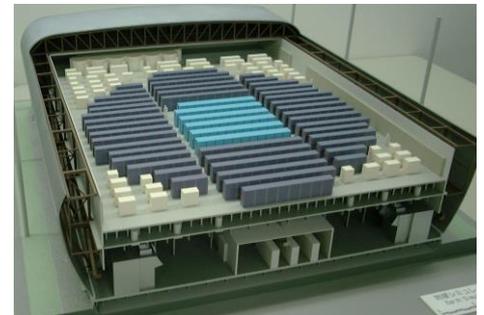
従来のシミュレーションは、個別非線形現象の単なるソルバーであり、因果関係を明らかにする為の実験・観測の支援研究手段であった(Cray, 1976～)



・・・問題**解決型**シミュレーション

本来、シミュレーションは実験・観測と対等、あるいは先導しうる潜在能力を有し、新しい科学(予測の科学)を開拓する主体的研究方法である(地球シミュレータ、2002～)

・・・問題**提起型**シミュレーション



自然の営み

“自然の営みは静的な構造の連続ではなく、環境からの刺激に応じて無数の構成要素が複雑に絡み合う動的相互作用の働きである”

開放性と非平衡性



複雑性



自己組織化

自己組織化という概念の誕生

システムとは、コヒーレントに進化を続け相互に関連し合う集合体である。

自身の進化を自ら決定し、その時点での安定性を自ら見出す。即ち、進化のメカニズムと原理自体が進化する。

NIFS

National Institute for Fusion Science

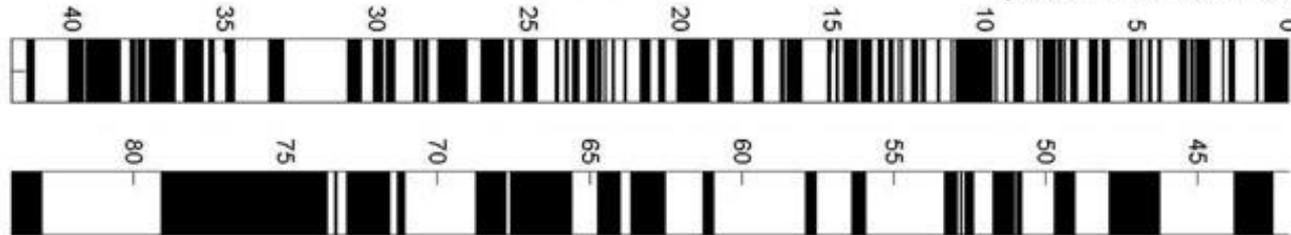
再生

地磁気はどのように生まれ、且つ、不規則に逆転を繰り返すのか？

(平均的に10万年に一度程度の間隔で)

地磁気の極性(黒:南向き,白:北向き)

(時間単位:百万年前)

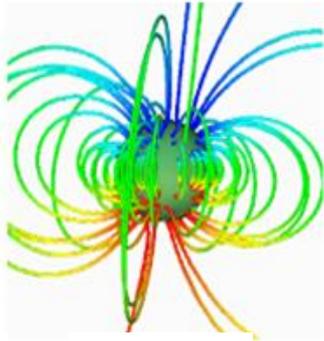


(<http://deeptow.who.edu/gpts.html>よりダウンロード)

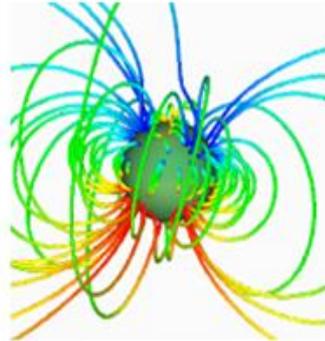
観測



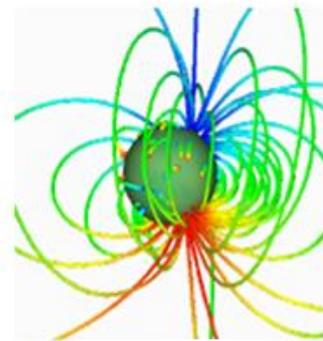
Progress of Dipole Reversal



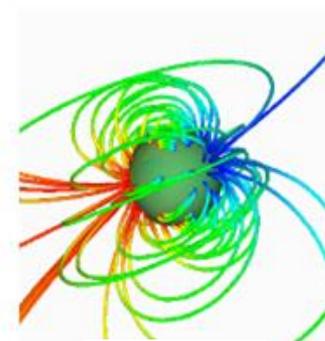
78482



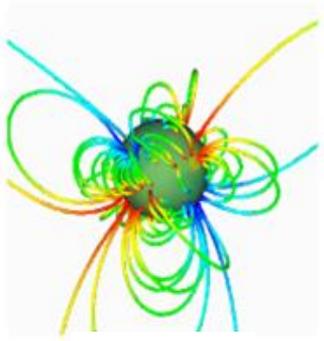
78704



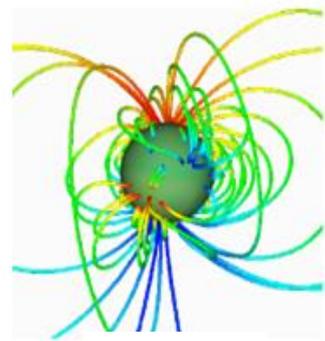
78927



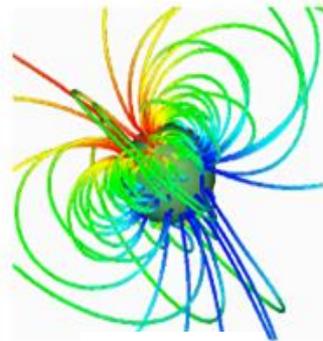
79150



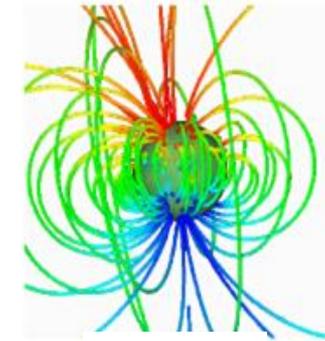
79371



79590



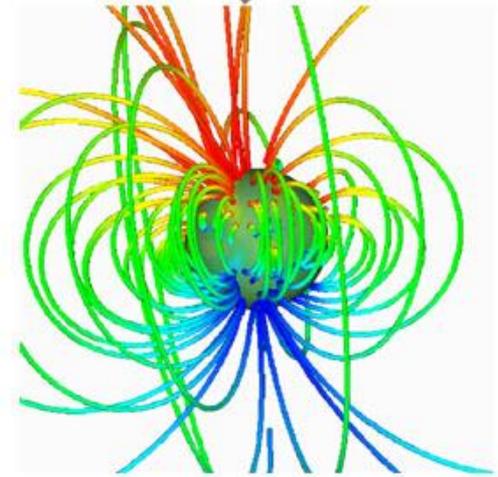
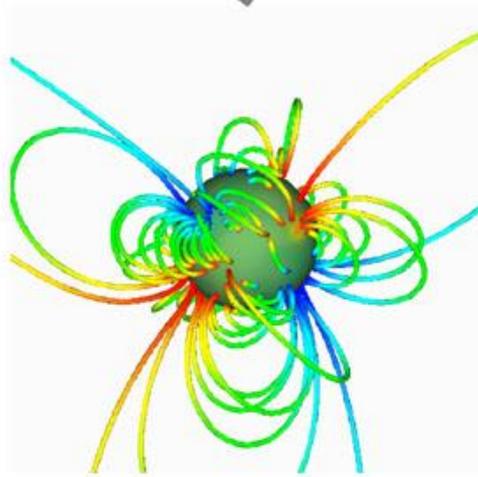
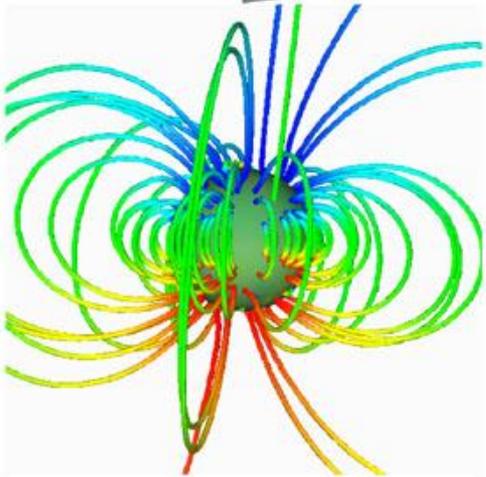
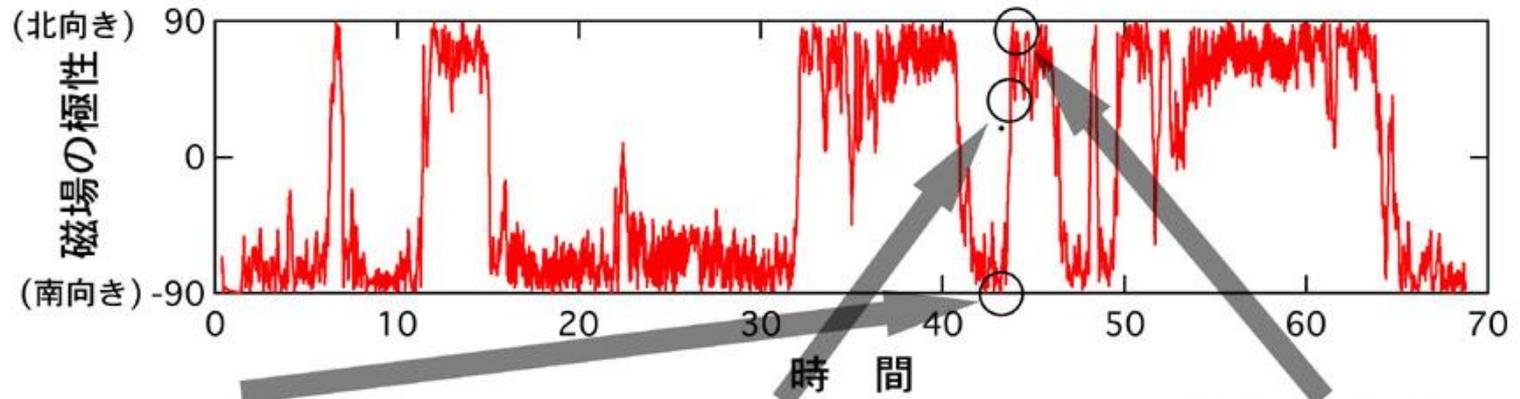
79809



80028

(1990年代の研究, Science 他)

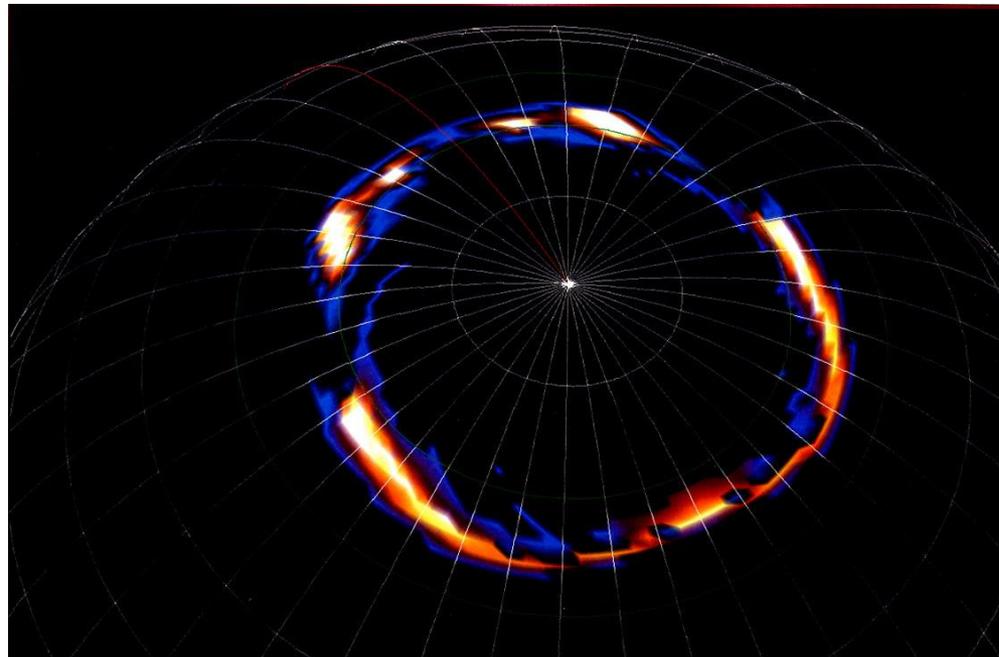
シミュレーション結果



(Nature, 2002)

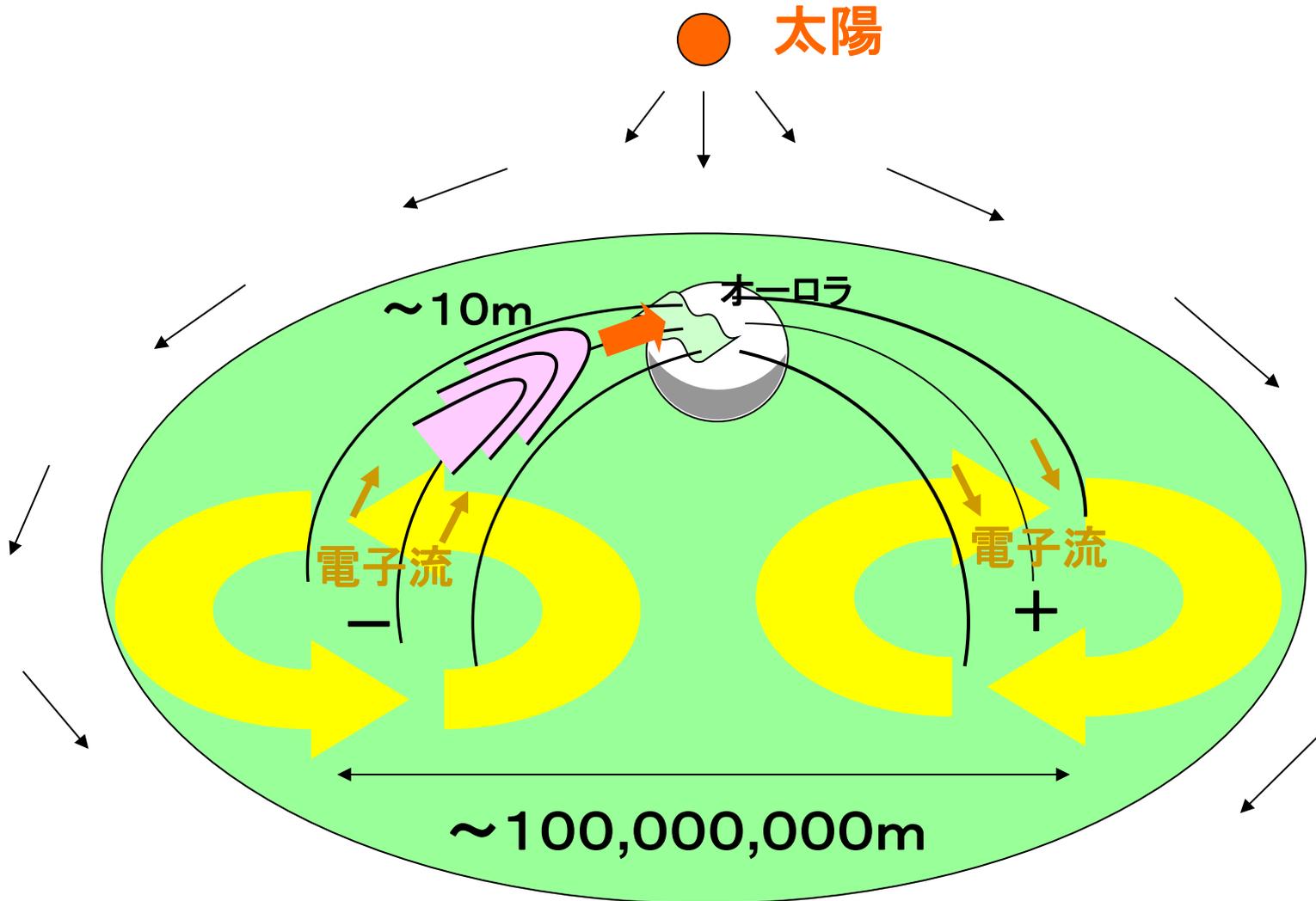
複雑なオーロラの形状・動きの実体は？

- ・磁気圏の成り立ち（構造とプラズマのエネルギー分布）
- ・オーロラ電子の加速（磁気圏電子の沿磁力線加速）
- ・オーロラの形状・動き
- ・発光のメカニズム
- ・電離層と磁気圏の相互作用

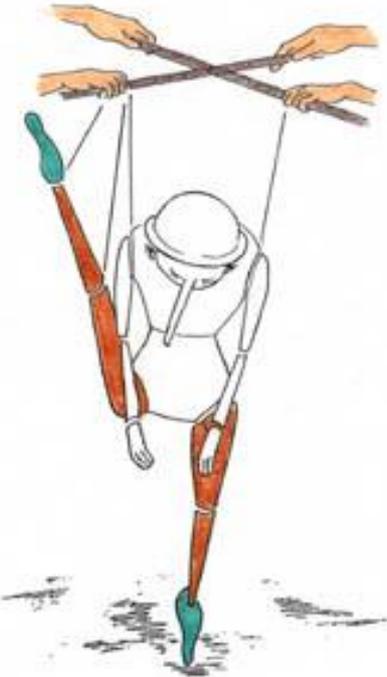


オーロラの形成シミュレーション

(地球磁気圏と電離層の相互作用)



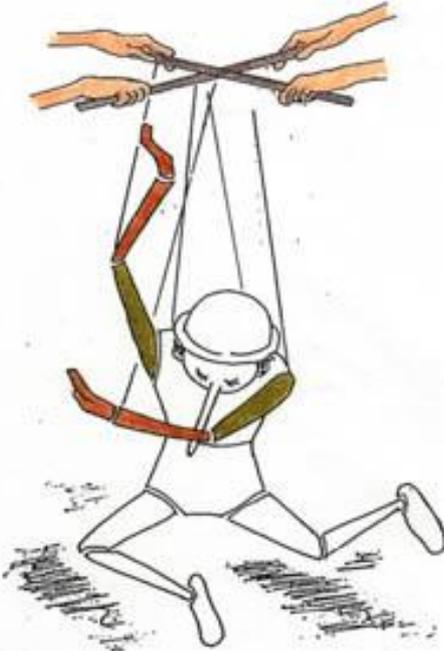
Individual disintegrated approach



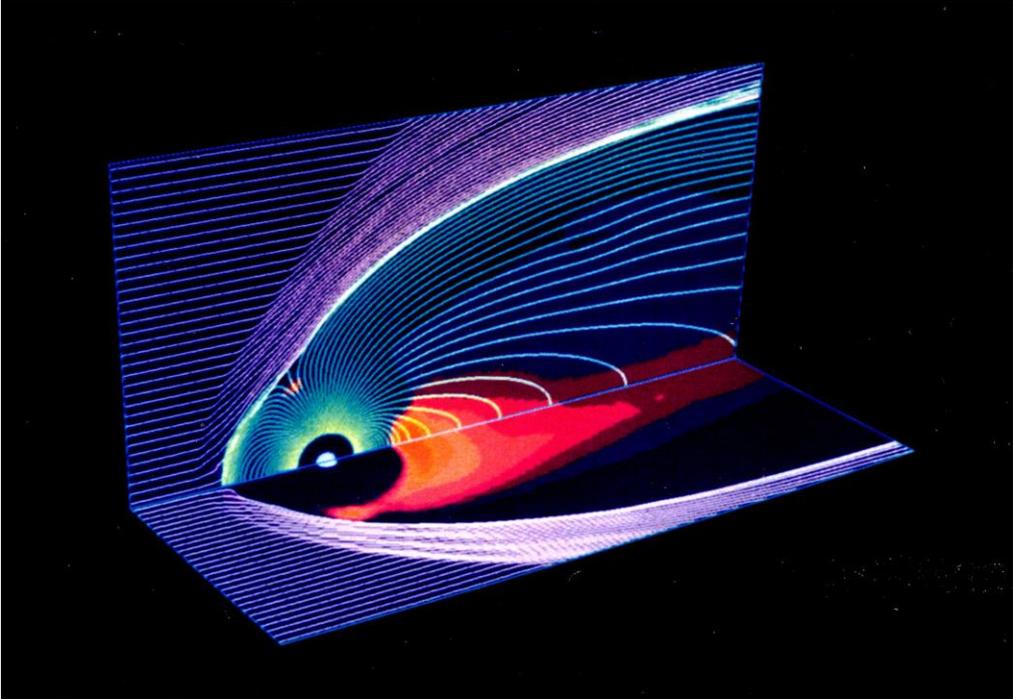
legs



head



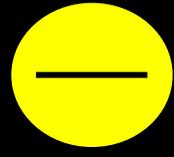
arms



電子の流れ

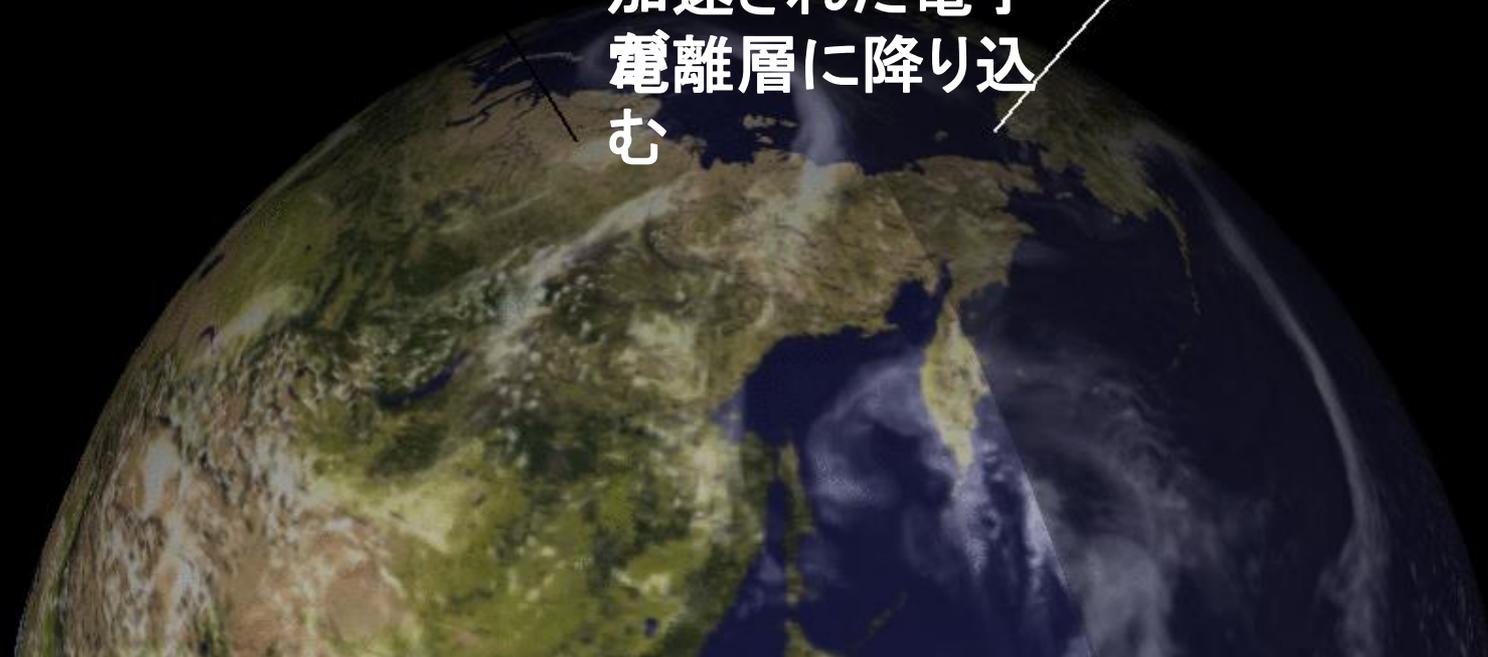


異常現象の生起による電子の大きな加速

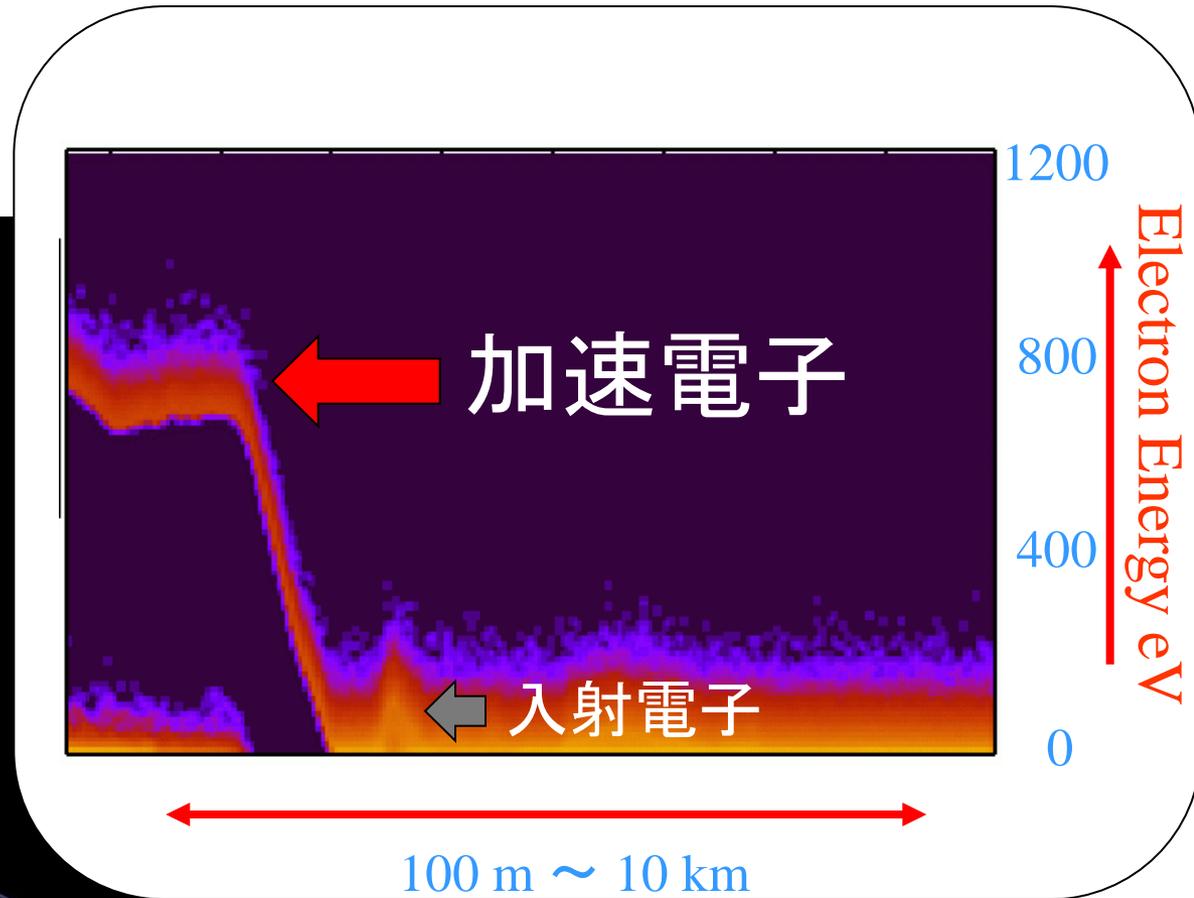
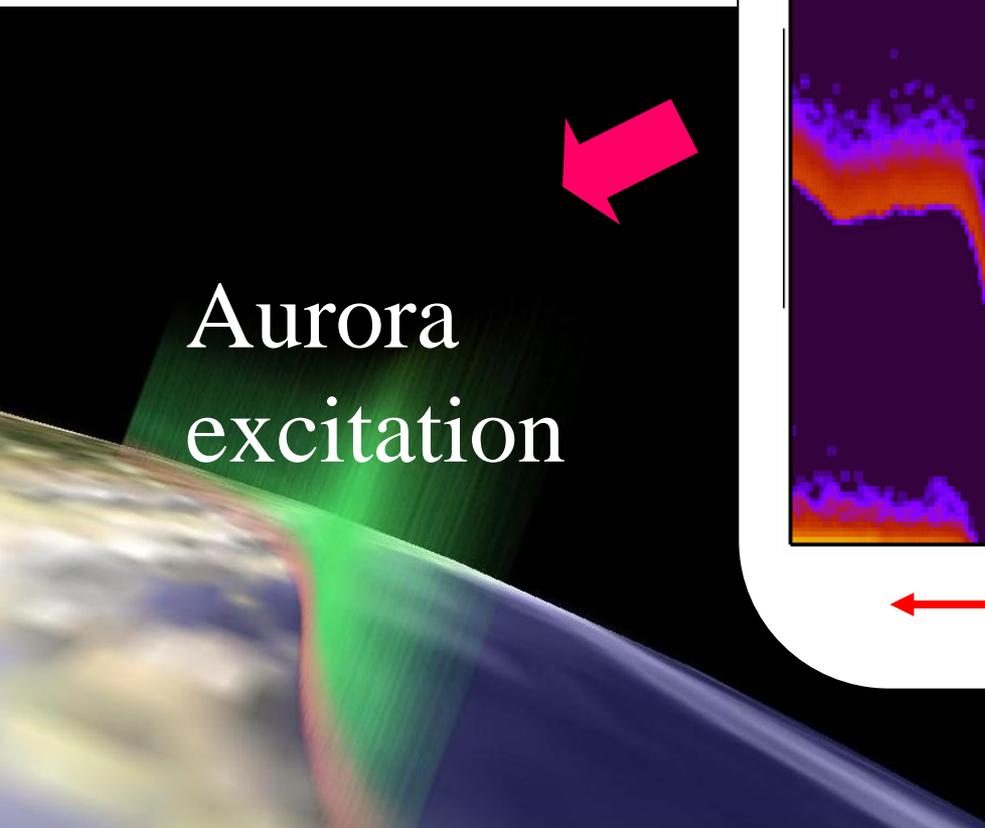


磁力線

加速された電子
電離層に降り込む

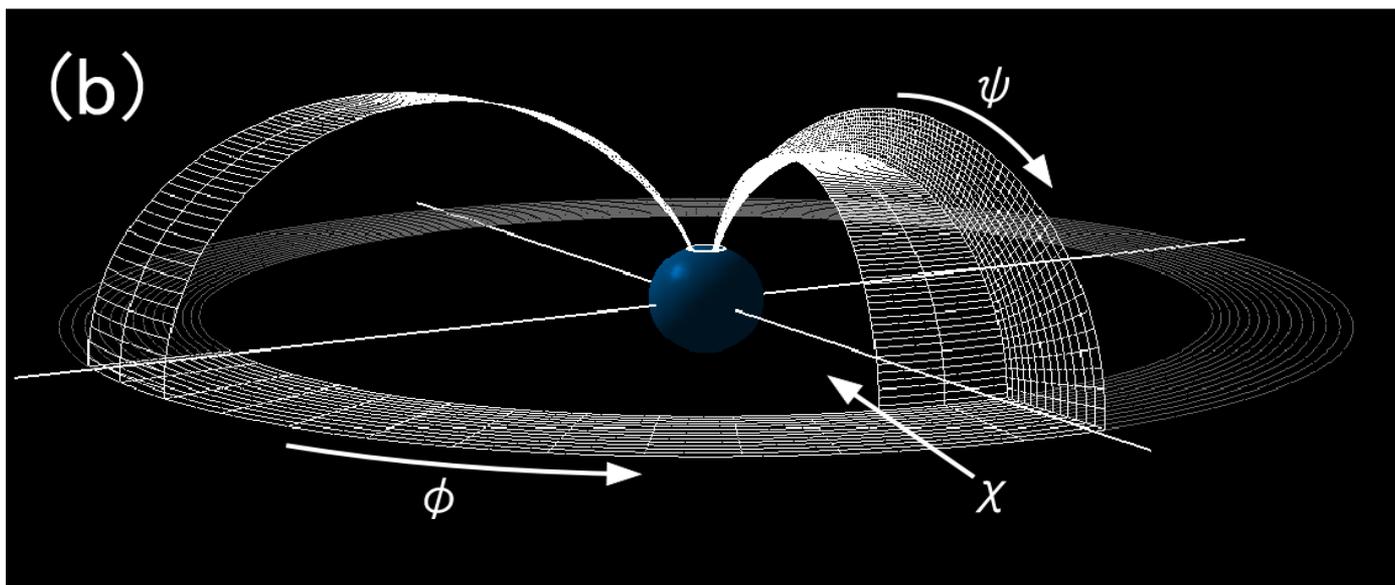
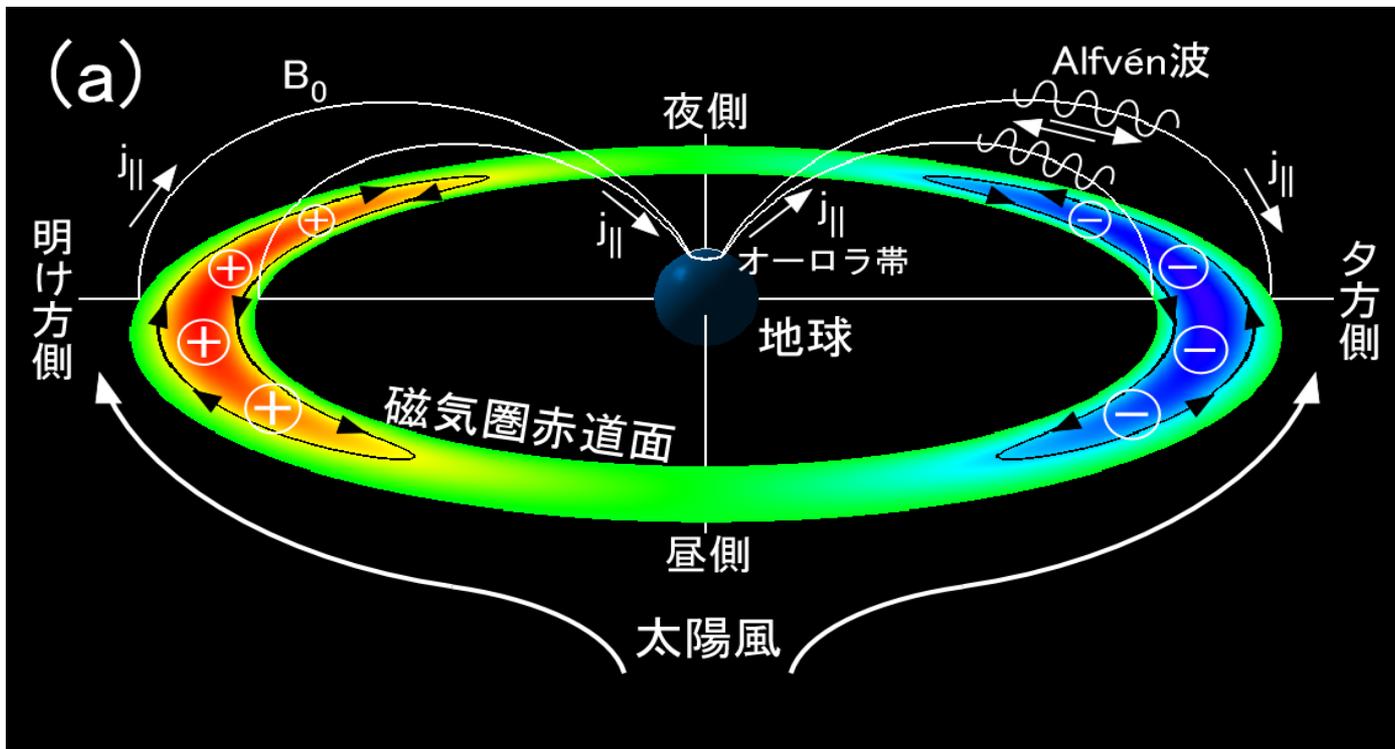


Precipitating electrons are highly accelerated by electron-ion interactions

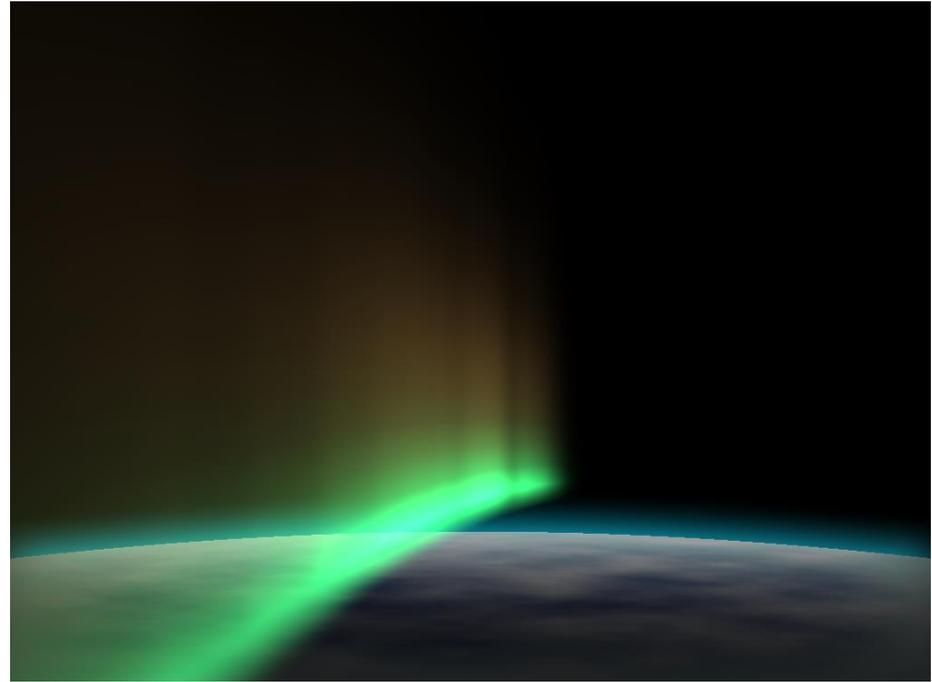


All-in-One Simulation





オーロラ生成のAll-in-One シミュレーション



地上から眺めたオーロラ

人工衛星から見たオーロラ

地球シミュレータの産んだ他の グローバルシミュレーションの紹介例 (2002~2008)

- 台風の大気-海洋結合
- 東南海地震
- 高層建物の地震の揺れ

バーチャルリアリティの登場

(1992年～)

コンピュータ

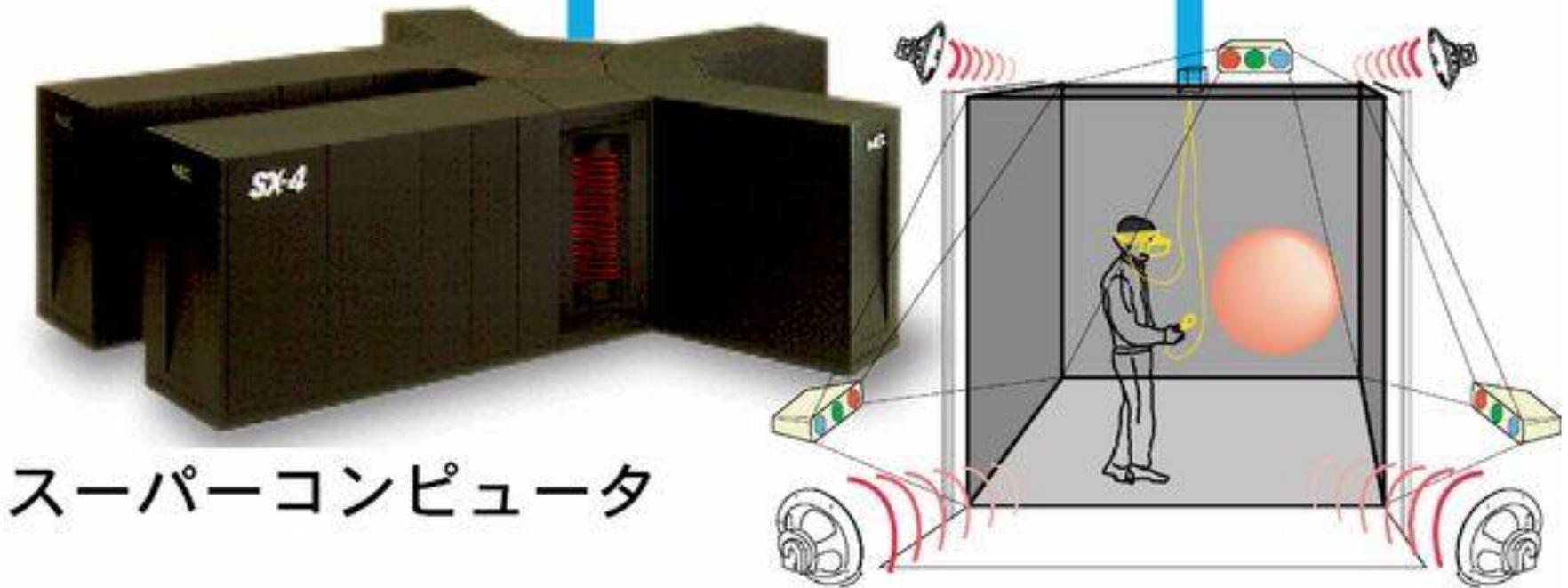
と

バーチャル空間

の結合

バーチャル・リアリティ・ネットワーク

LAN

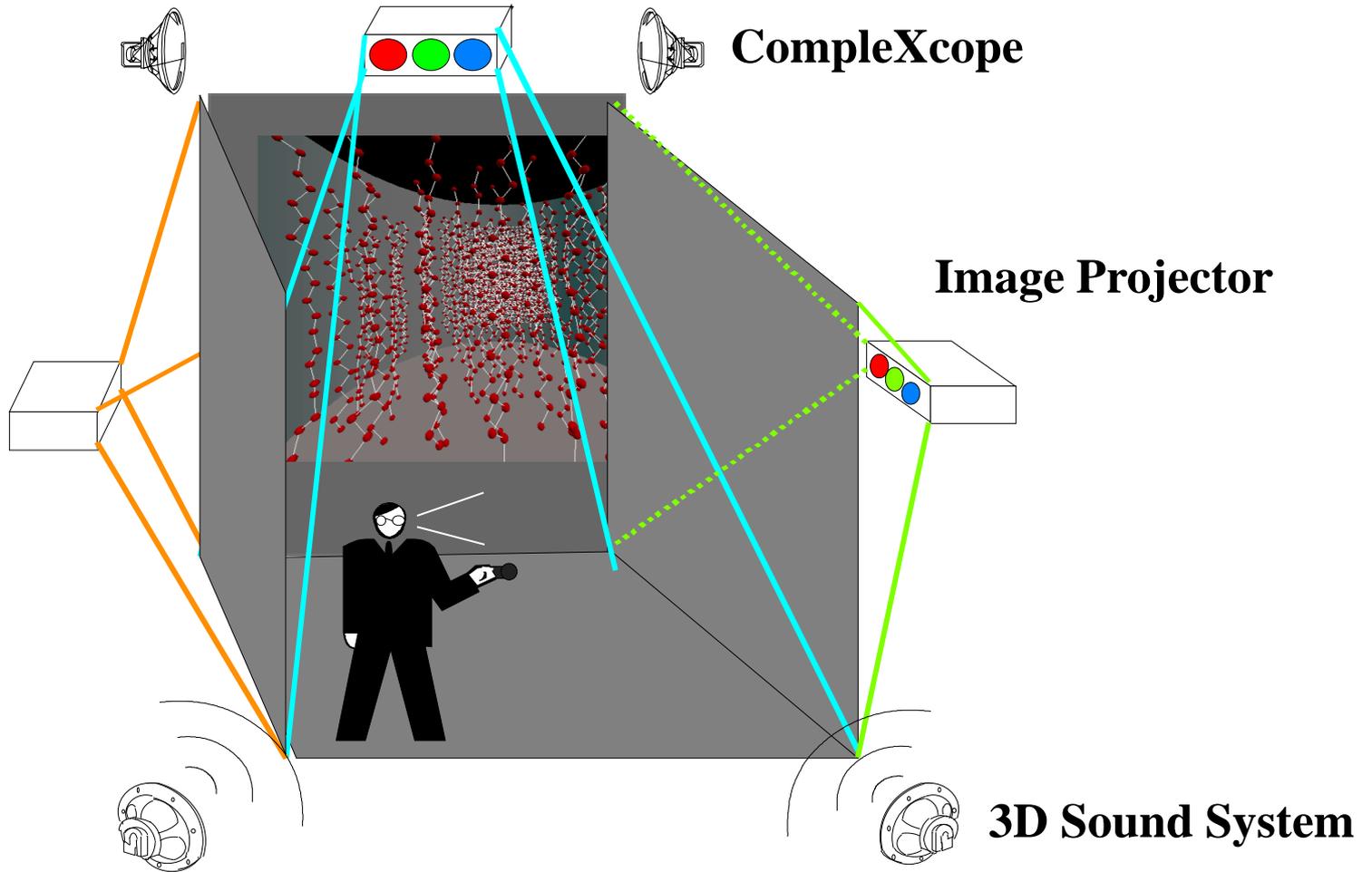


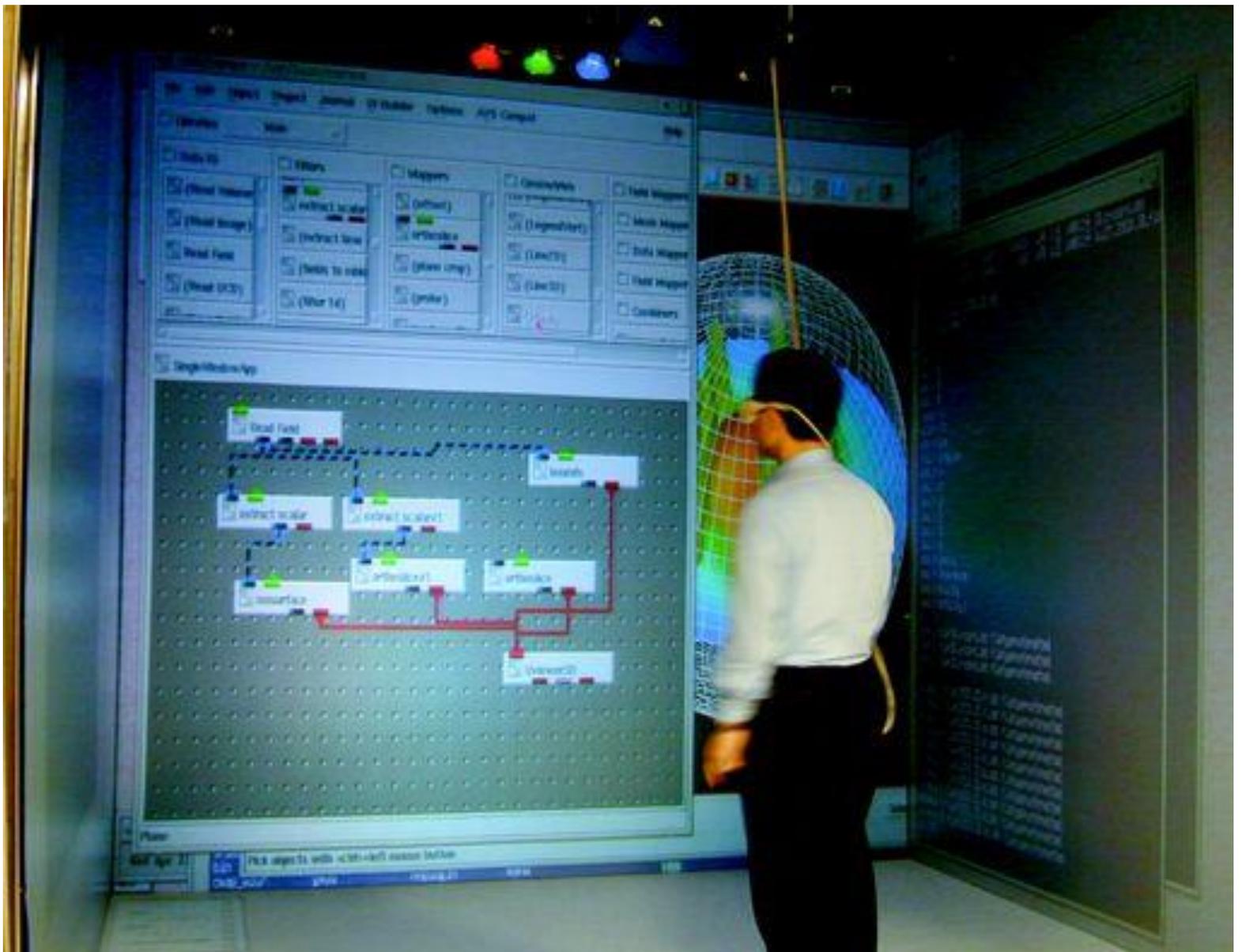
スーパーコンピュータ

CompleXscope

(核融合研1995~)

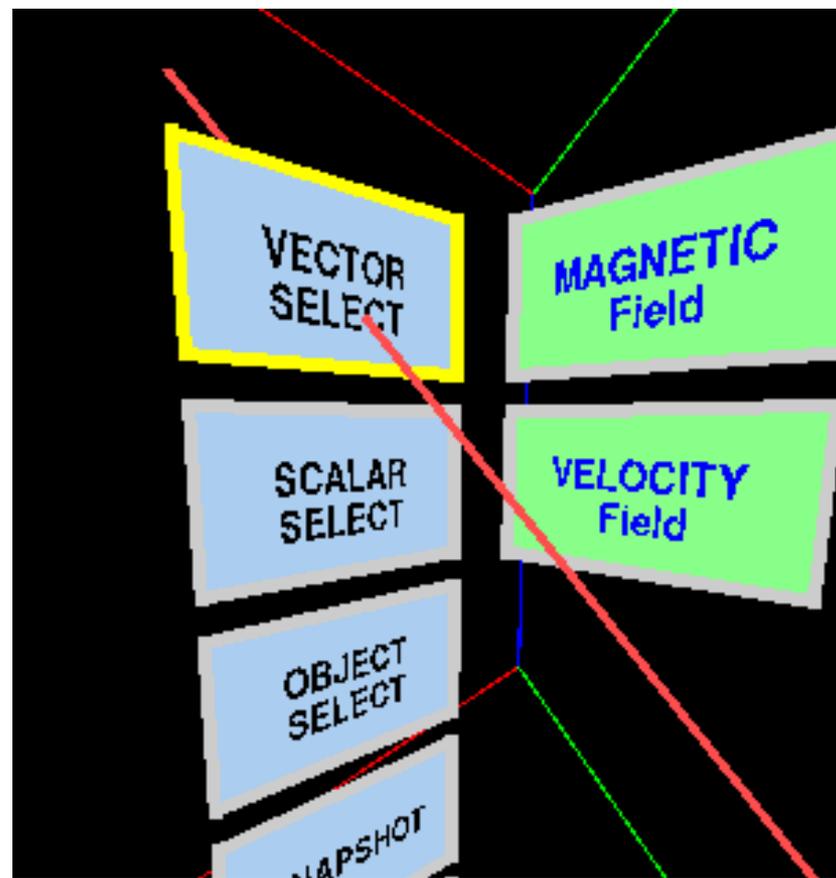
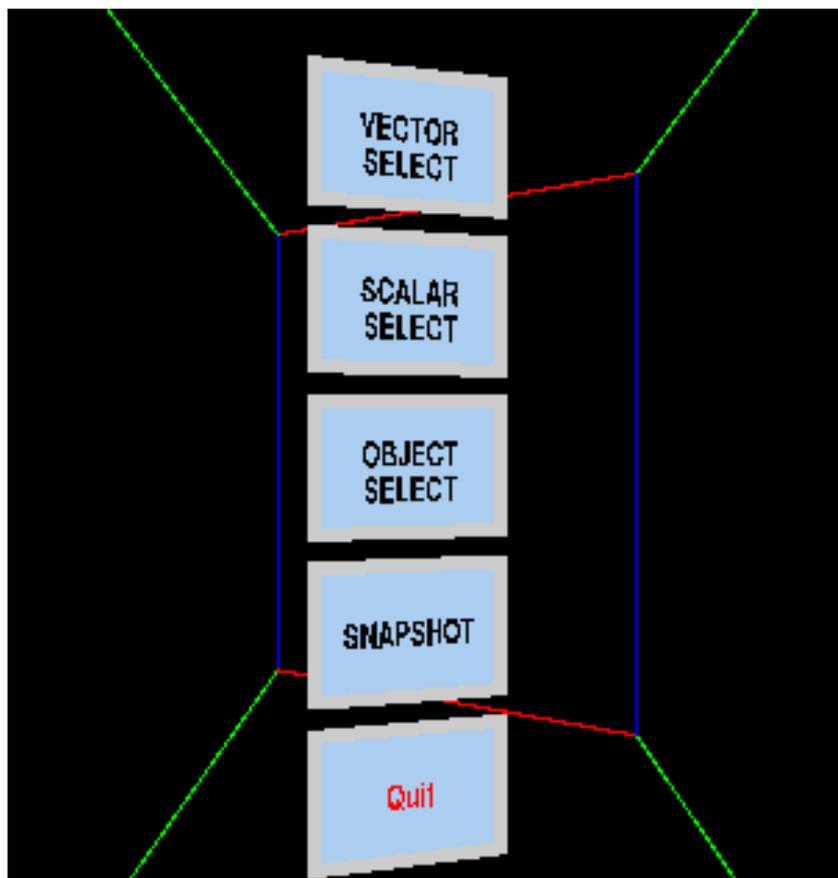
Virtual Reality System: CompleXcope





Menu for Selecting Virtual Objects

VFIVEの開発





科学の支援的手段から主体的研究法へ

- バーチャルリアリティ技術は、自然科学のシミュレーションや観測結果の支援的表現法として既に十分な成長を遂げたといえる
- しかし、その技術は単なる支援的な能力をはるかに超える可能性を有している
- 一方、西洋科学は人間が生きていく上で必要なモノを合理的に効率的に創り出す技術を十二分に開発する知恵を獲得している — モノの洪水状態
- ところが、人間の心に生き甲斐や喜びを彷彿とさせてくれる生活からは遠くかけ離れてしまっている

主体的研究手段への転換

- バーチャルリアリティ技術は、これからは、主体的・能動的に人間社会に新しい知恵を与えうる段階に昇華させる時であろう
- 例えば、日常生活において、事件や災害から命を護るために社会制度や法制度をどのように設計していくか、
- あるいは、大多数の人達が生き甲斐があると感じる地域社会を創り上げる為の仮想実験を行い、建設的な社会システムの構築に貢献する

スーパーコンピュータ

と

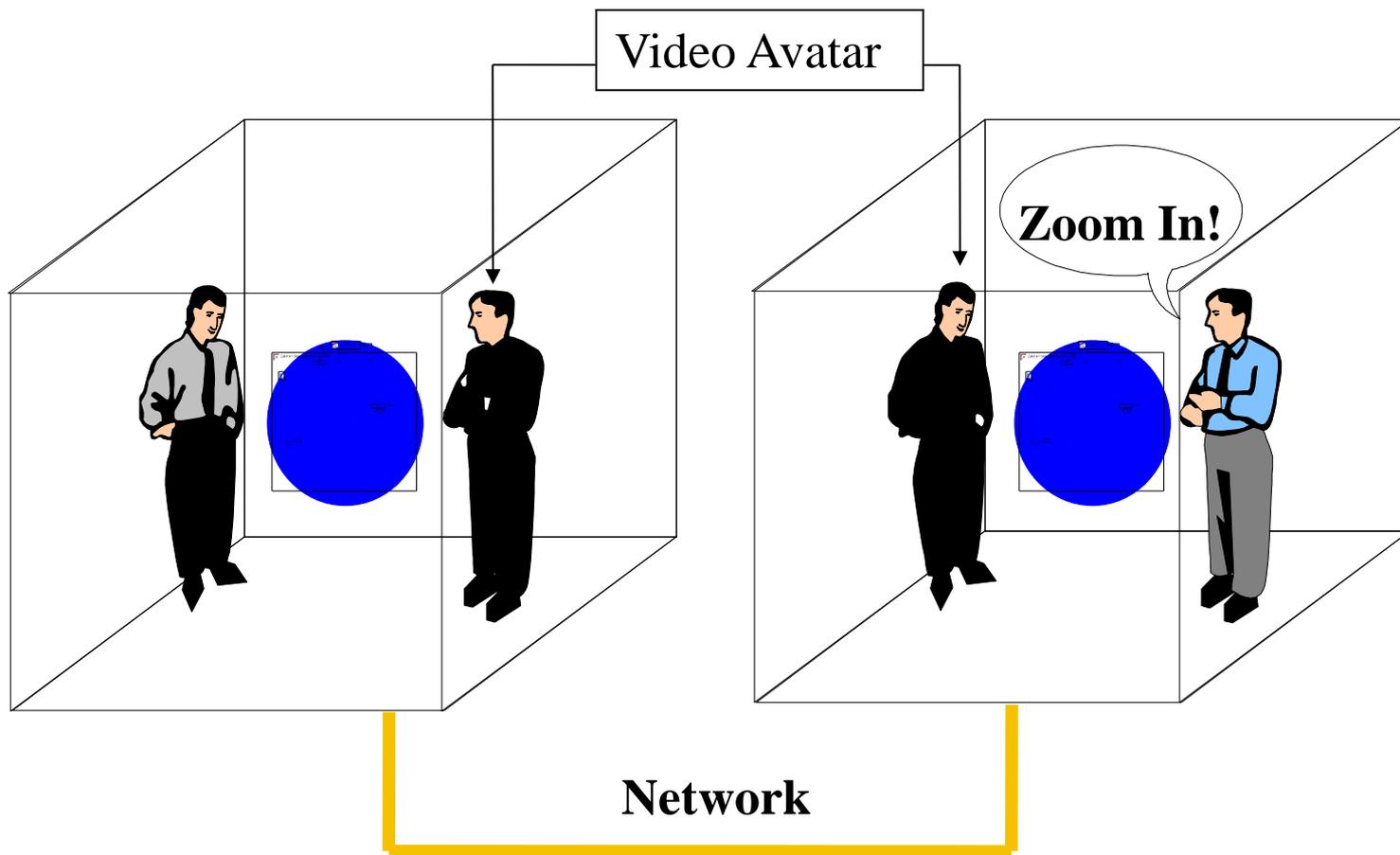
バーチャル空間

と

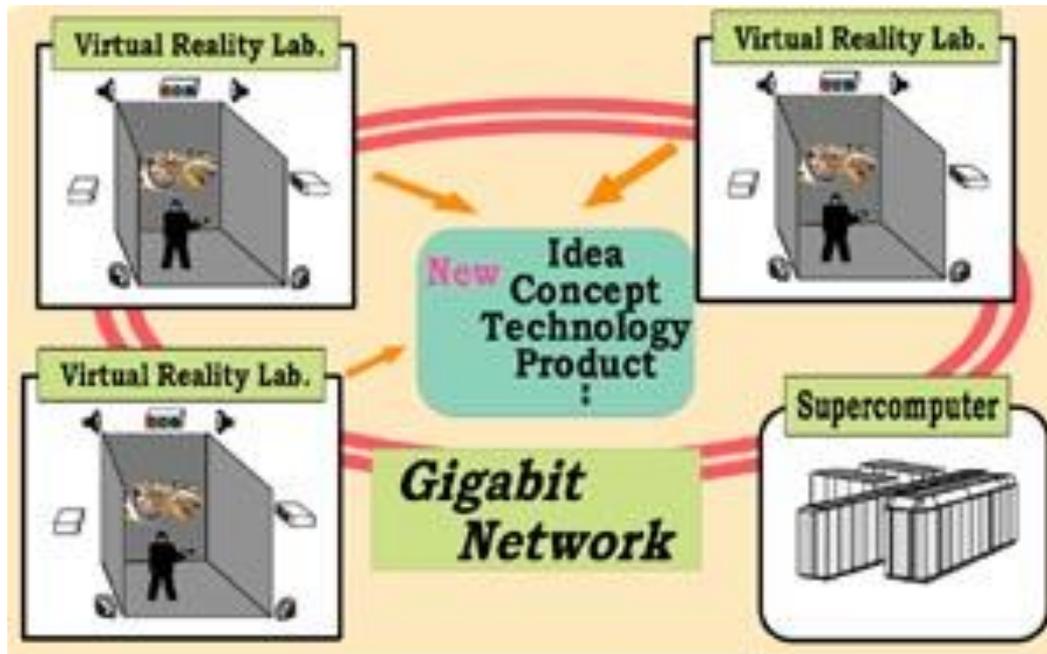
高速ネットワーク

の融合

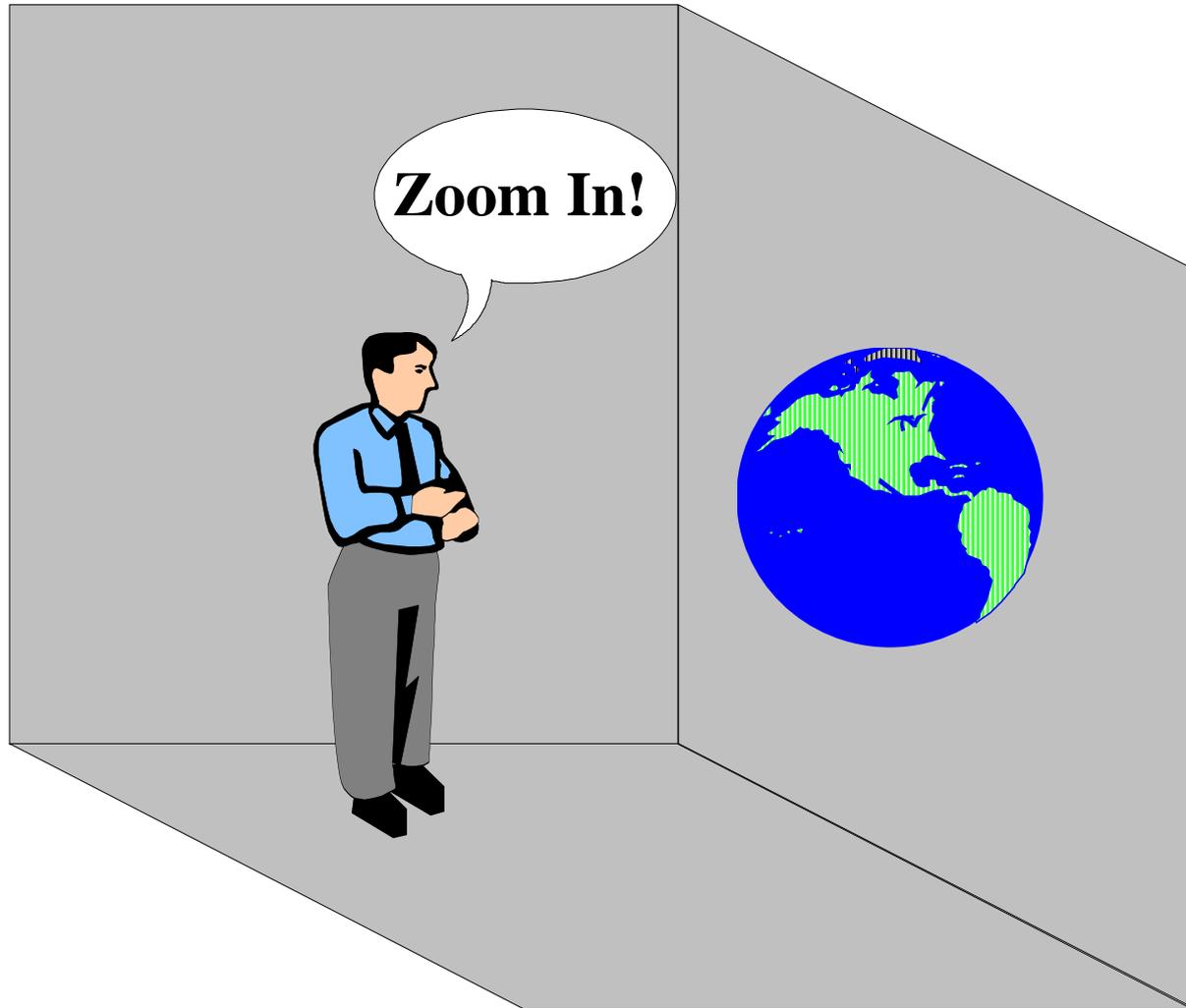
Collaboration in Virtual Space



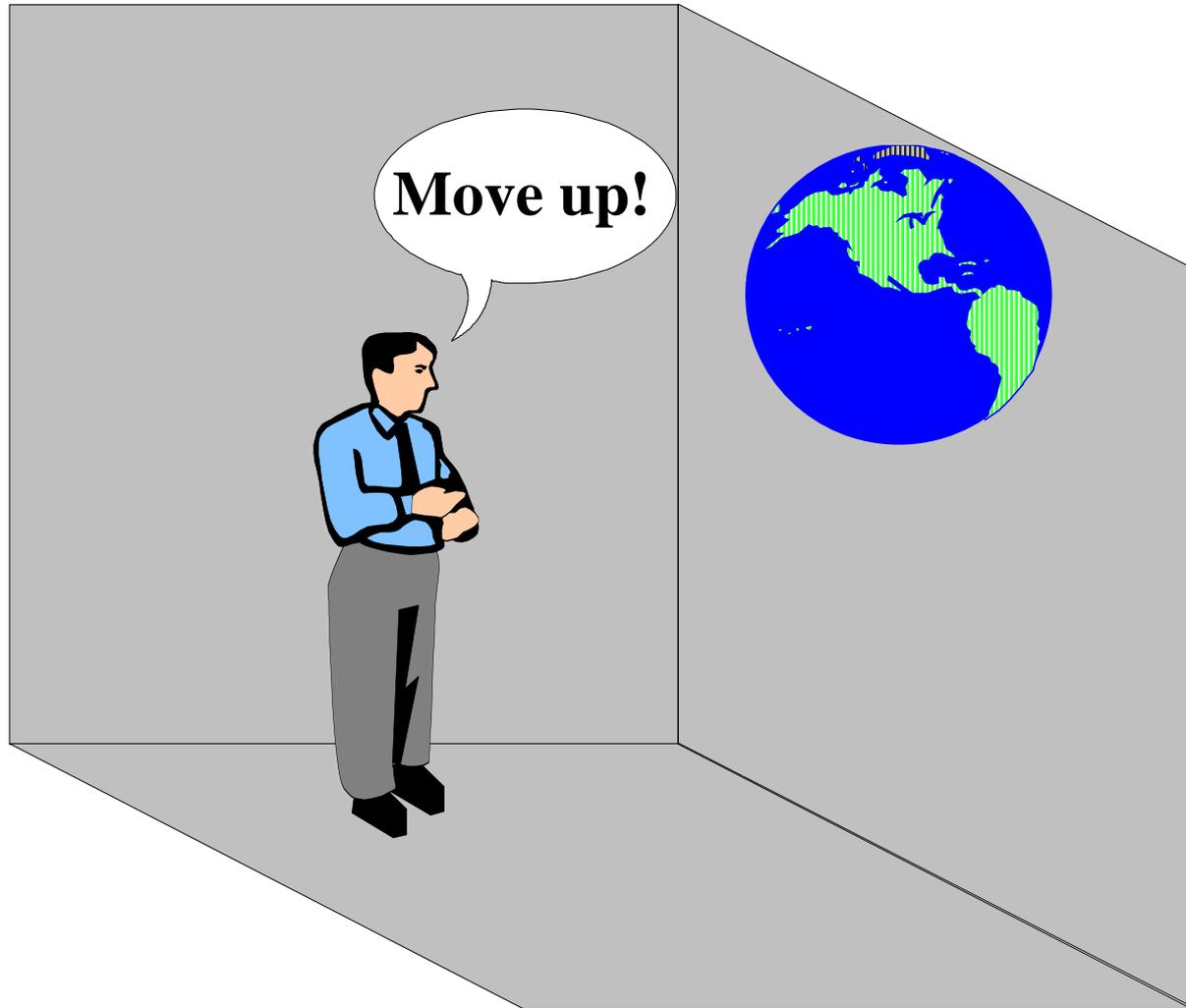
TAOプロジェクトに採用(2001~2003)



Control Virtual Object by Voice (ex.2)

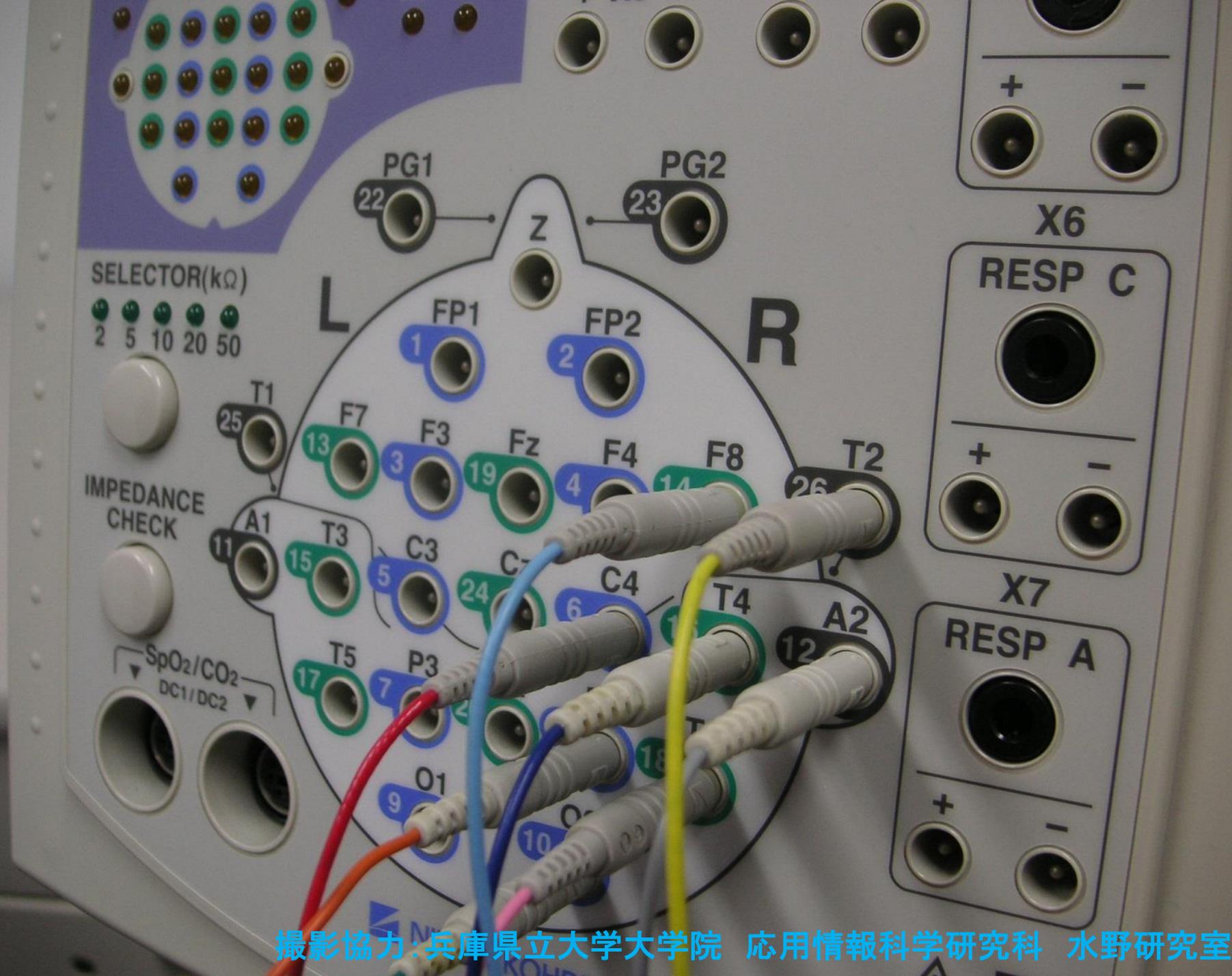


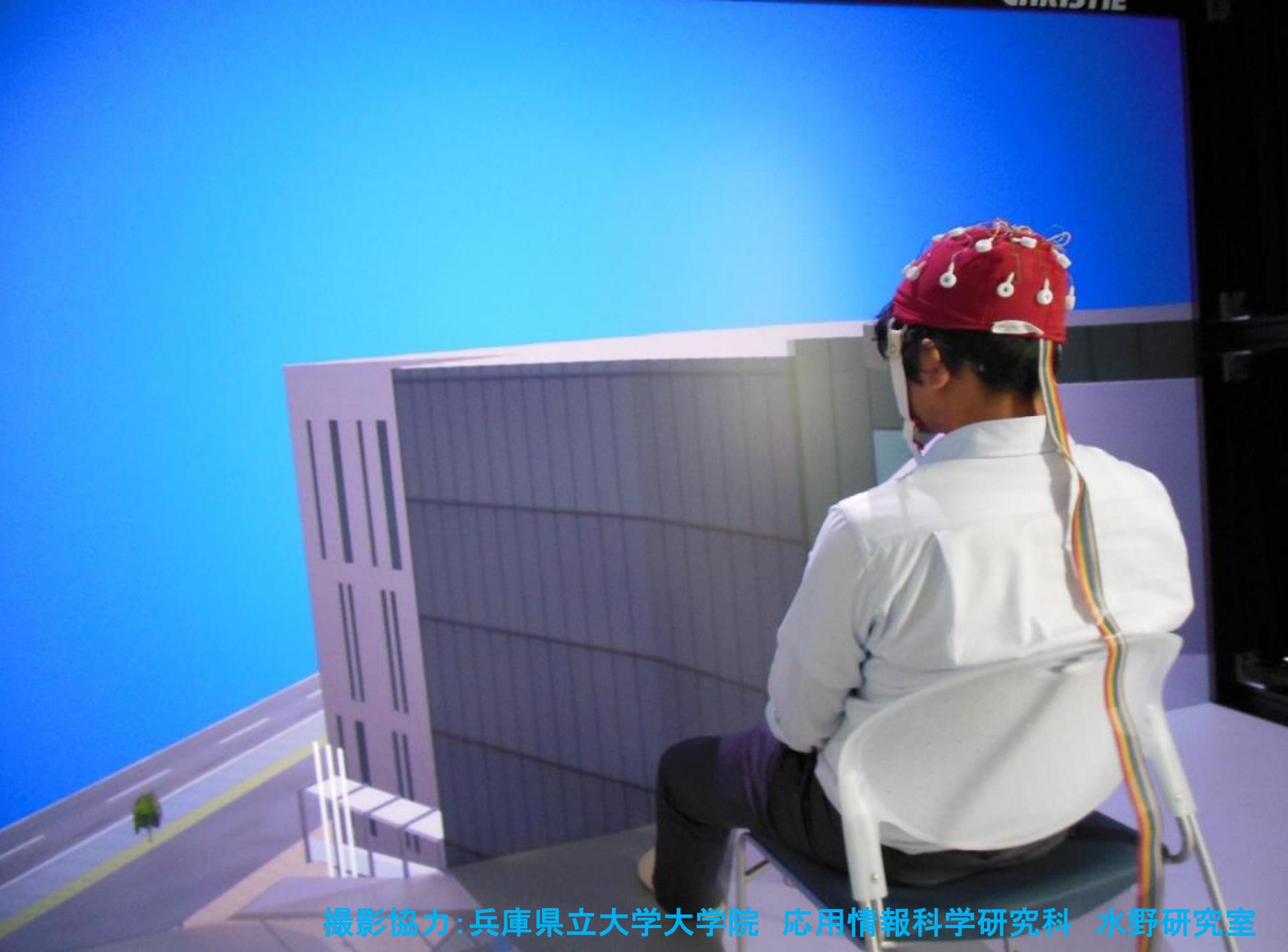
Control Virtual Object by Voice (ex.1)





撮影協力:兵庫県立大学大学院 応用情報科学研究科 水野研究室





撮影協力:兵庫県立大学大学院 応用情報科学研究科 水野研究室

高齢者や子供の車道への飛び出し防止 のためのCAVEの利用



次代を担う皆さへ！

- * 西洋科学は人が欲するモノは全て造り出す知恵を得た。その結果、逆に、心の荒廃が充満しつつある
- * 研究者である前に人間たれ!!
- * 常に挑戦すべきは、一人一人が如何に生き甲斐を感じる社会システムを創り上げるかである