

通信・放送分野における研究開発の概要

平成17年7月

情報通信研究機構

本日のご報告内容骨子

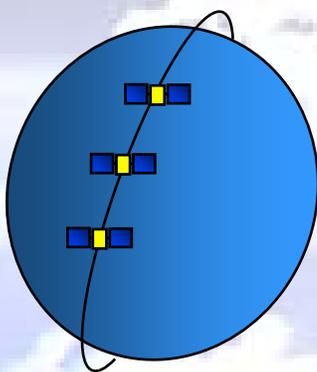
1. 研究開発の背景、経緯
2. 研究開発計画と実証実験概要
3. ITU活動ならびに成果総括
4. 今後の方針・計画

成層圏無線通信層

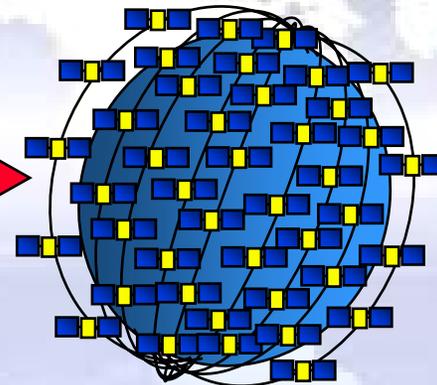
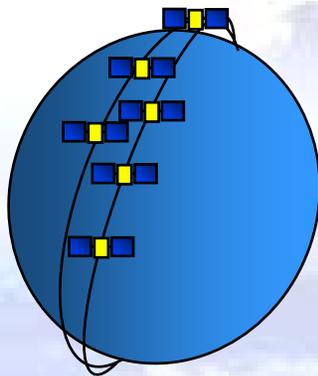


低軌道衛星システムとのサービス展開の比較

LEO システム → グローバルなシステム

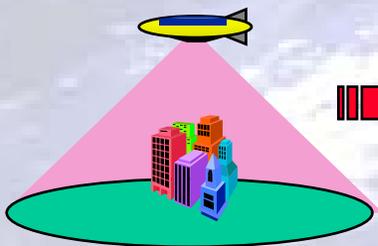


衛星打上げ

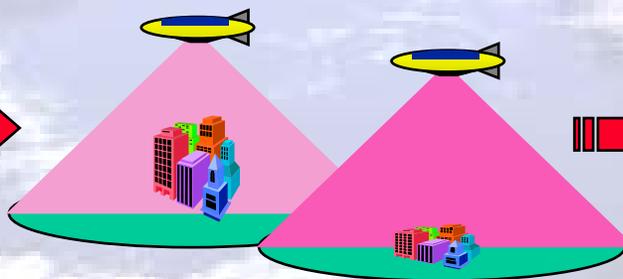


全機打上げ後サービスイン
大半は海の上

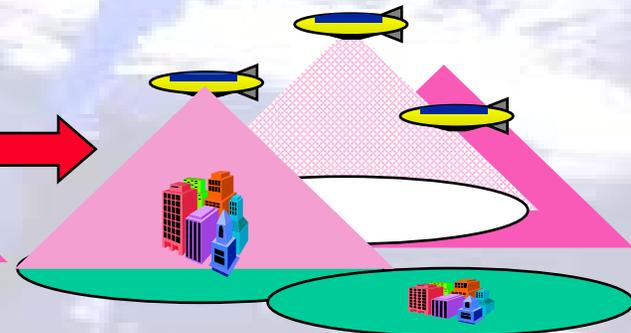
成層圏システム



1機のみでもサービスイン可能
(人口稠密地域又は過疎地域)



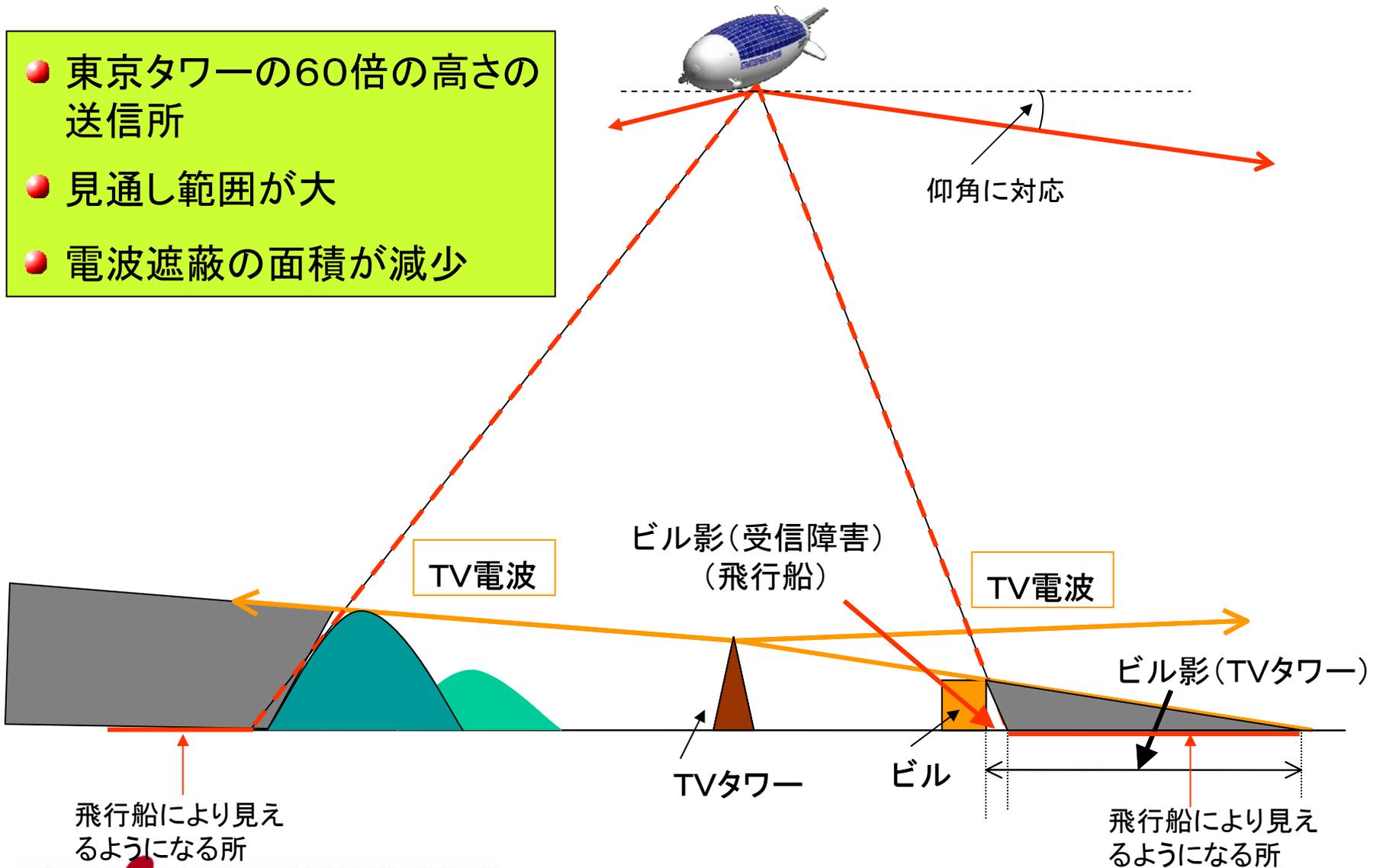
徐々にサービスを展開



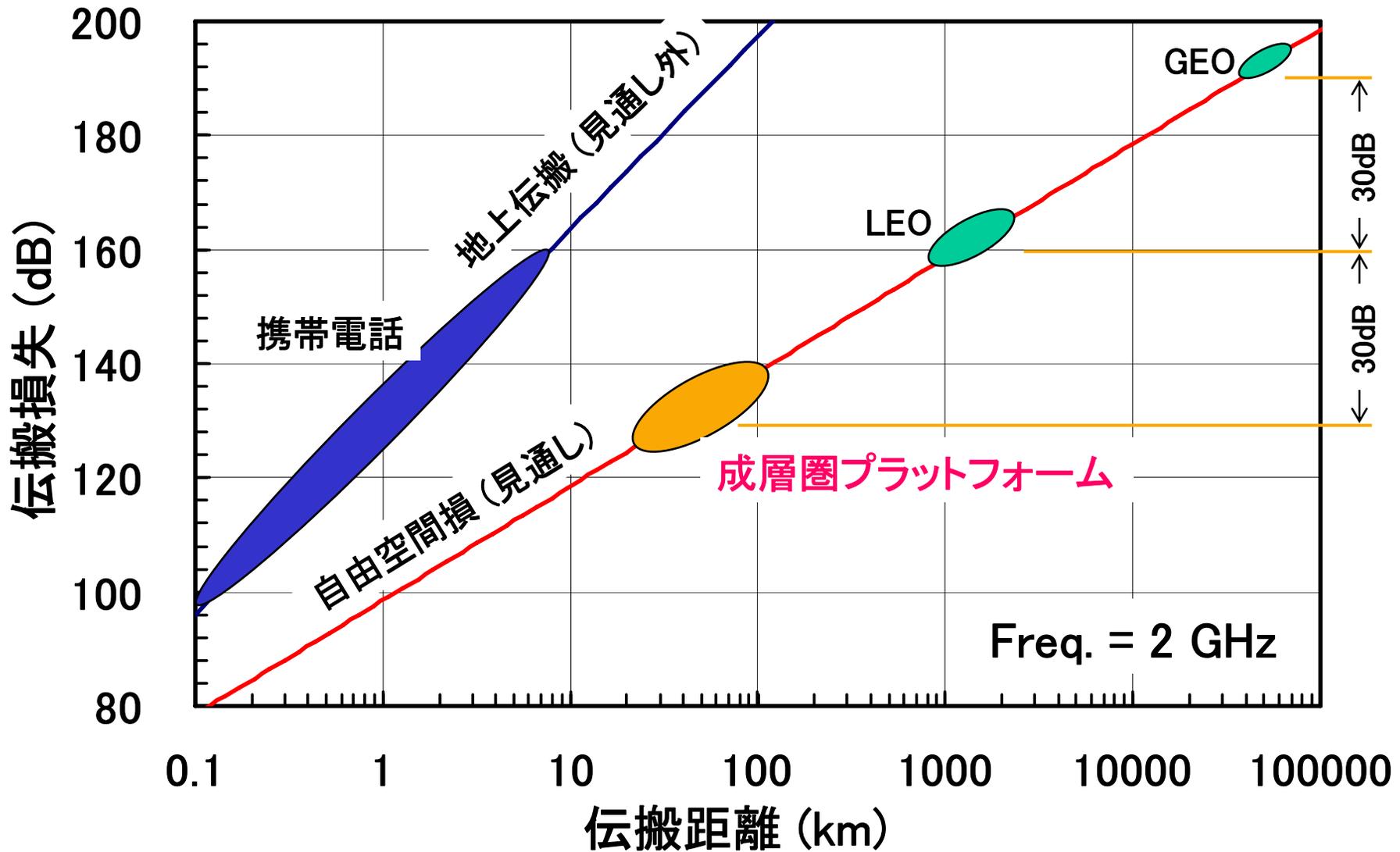
修理や再配置も可能

放送サービスエリアの拡大

- 東京タワーの60倍の高さの送信所
- 見通し範囲が大
- 電波遮蔽の面積が減少

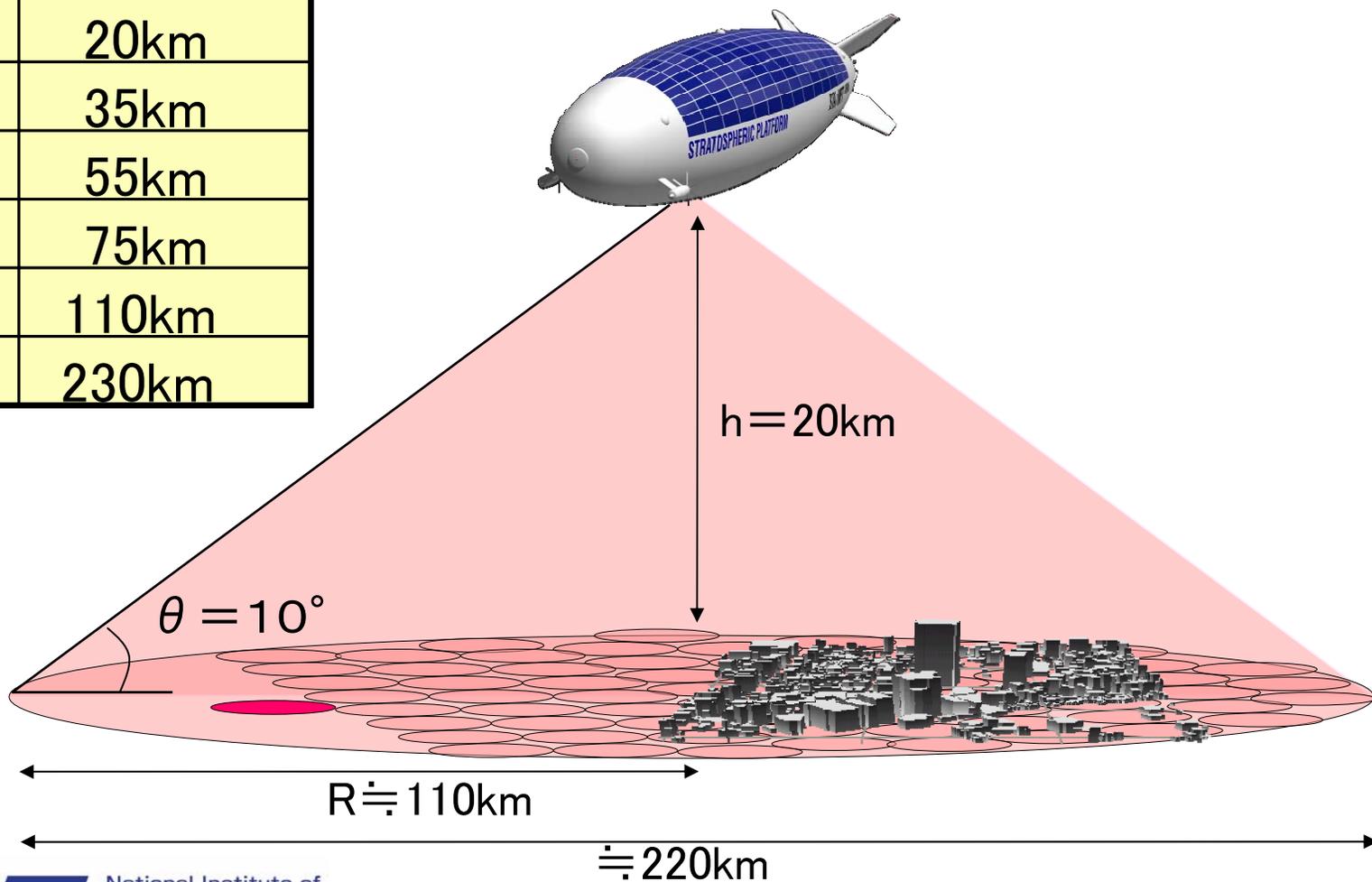


伝搬損失の変動範囲



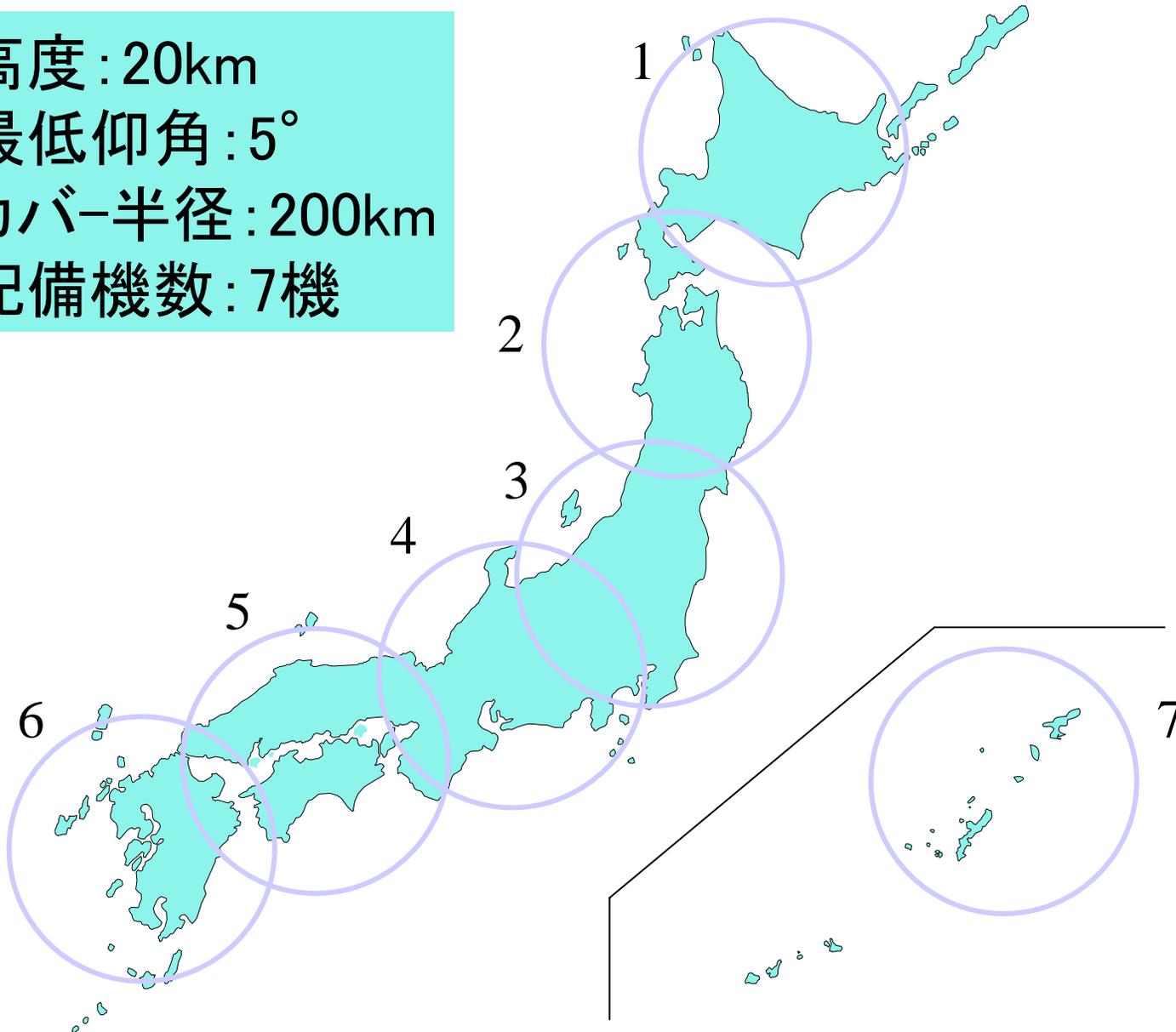
最低仰角とカバーエリア

仰角 (θ)	セル半径 (R)
45°	20km
30°	35km
20°	55km
15°	75km
10°	110km
5°	230km



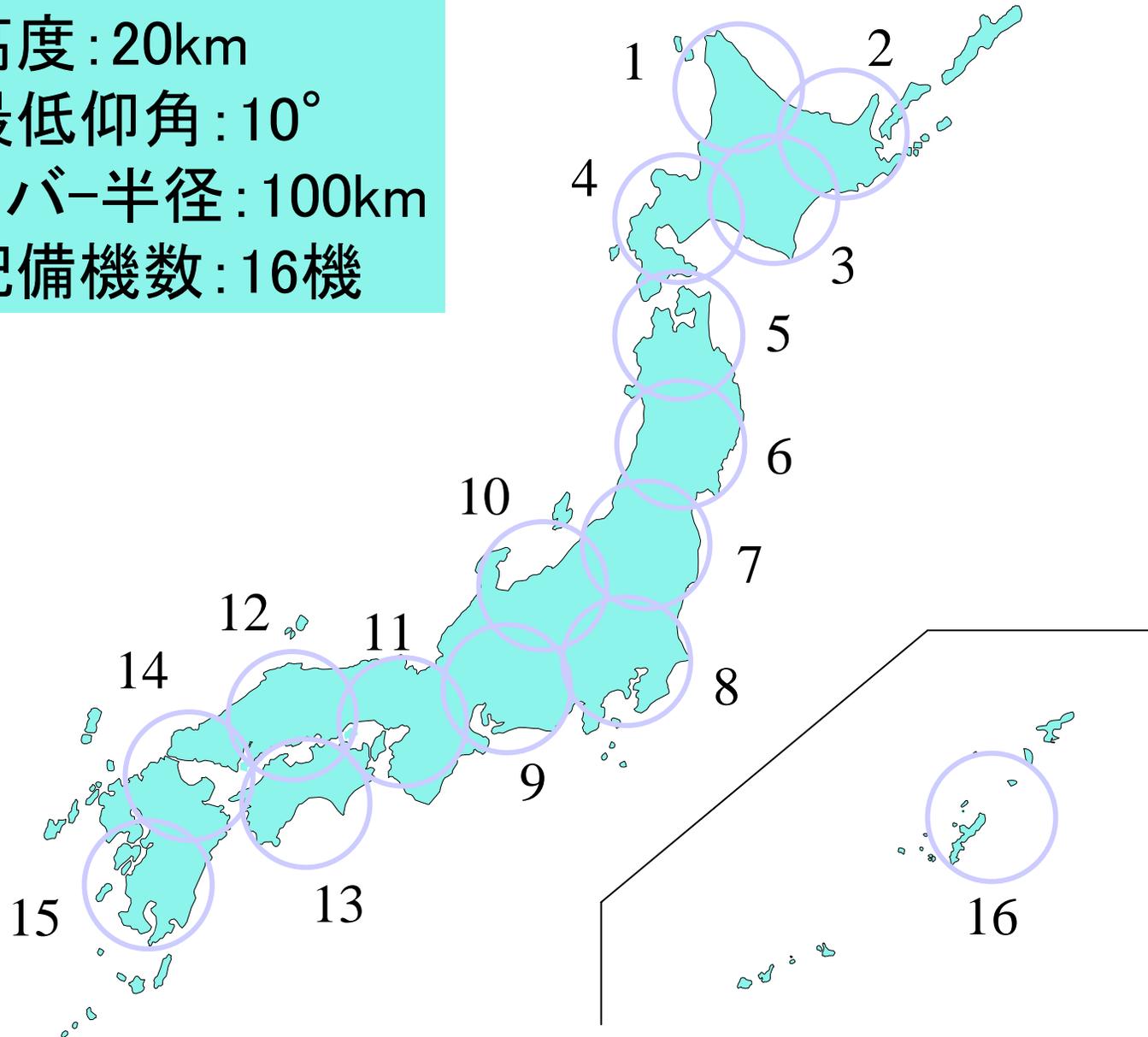
日本全国への展開例(1)

高度 : 20km
最低仰角 : 5°
カバー半径 : 200km
配備機数 : 7機



日本全国への展開例(2)

高度 : 20km
最低仰角 : 10°
カバー半径 : 100km
配備機数 : 16機



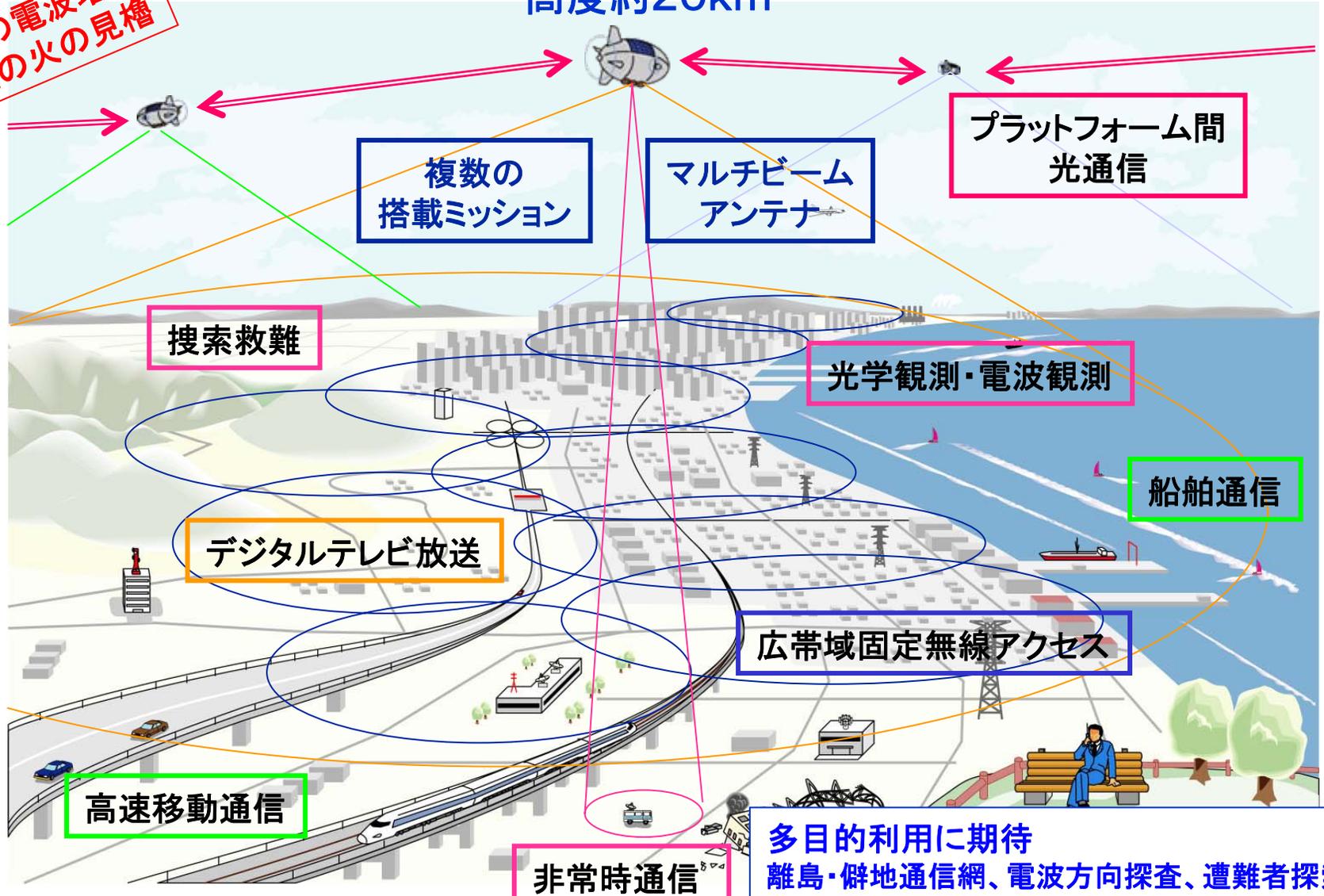
本日のご報告内容骨子

1. 研究開発の背景、経緯
2. 研究開発計画と実証実験概要
3. ITU活動ならびに成果総括
4. 今後の方針・計画

成層圏プラットフォームを使った無線通信システムのイメージ

高度約20km

空の電波塔
空の火の見櫓



多目的利用に期待

離島・僻地通信網、電波方向探査、遭難者探索、盗難車両探索、事件・事故セキュリティ、交通監視、道路管理、海洋・河川監視、地球資源調査、大気汚染監視、植生監視、電波天文利用...

通信・放送全体計画

研究課題：全体通信システム／搭載機器・端局機器開発／無線アクセス制御／アプリケーション開発／飛行試験

▽ 1999/12/19：ミレニアムプロジェクト決定(目標年度:2003年度)

年度	H10 1998	H11 1999	H12 2000	H13 2001	H14 2002	H15 2003	H16 2004
基本方針	システム 概念設計	実験シス テム検討	実験システム 搭載機器	実験システム 地上機器	実験システム 事前飛行試験	定点滞空 試験準備	定点滞空 試験
	▽ WRC2000(イスタンブール)			▽ WRC2003(ジュネーブ)			
周波数分配獲得活動支援 (ITU)							
試作・試験	準ミリ波帯DBF搭載アンテナ		ヘリコプタ 無線局位置推定実験		実験機器 機能付加		定点滞空試験 (光リンク、放送、 無線局位置推定)
	ミリ波帯MBH搭載アンテナ		IMT-2000搭載中継器	地上基地局機器	ソーラープレーン中継実験 ・IMT-2000 ・デジタル放送	搭載用カメラ映像伝送評価実験 ミリ波・準ミリ波機器環境評価試験	
広帯域固定無線アクセス 高速移動通信 放送		地上移動局機器	デジタル放送搭載機器	成層圏ジェット デジタル放送実験	ヘリコプタ 広帯域 HDTV 素材伝送実験		
		ヘリ プリフライト試験 場外離発着場確認試験					

広帯域固定無線アクセス技術

- ◆広帯域
- ◆超小型加入者系アンテナ
- ◆早期サービス展開
- ◆対災害性

広帯域性と高速ビーム制御・広域カバーを両立させた搭載アンテナ

プラットフォーム間ネットワーク(光など)

広帯域プラットフォーム間通信

プラットフォーム間ネットワーク制御

他の無線業務との周波数共用技術

高速・長距離アクセスプロトコル

- ・直接アクセス
- ・間接アクセス
(無線LAN経由)
- 超小型アンテナ

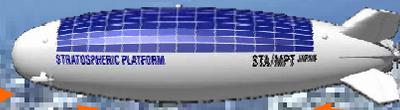
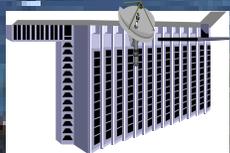
加入者

IEEE802.11x

個人・事業者高速インターネットアクセス
官庁・自治体、警察、消防イントラネット
広域防災無線

臨時アクセス
遠隔地からのアクセス

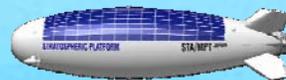
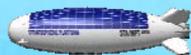
ゲートウェイ局
(地上系ネットワークへ接続)



携帯電話システム (IMT-2000)

成層圏環境での機器運用

高度 20 km



長距離接続
(往復40km以上)

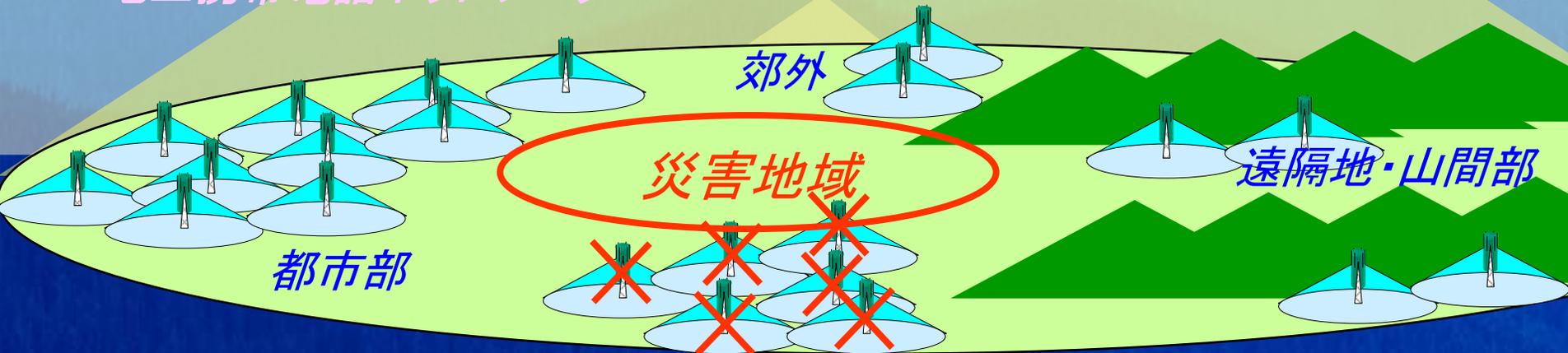
地上システムとの共存と棲み分け

1機のSPFによる覆域: 100~200 km
(700-4000 基地局の範囲をカバー)

市販端末の利用

全国で 携帯電話基地局 7万局
PHS基地局 60万局...

地上携帯電話ネットワーク



デジタル放送システム

成層圏環境での運用技術

送信電力 < 125 W

SPF



見通し通信

小さい電力で遠くまで届く

全国を7~17機
程度でカバー

広域への安定放送技術

見通し外

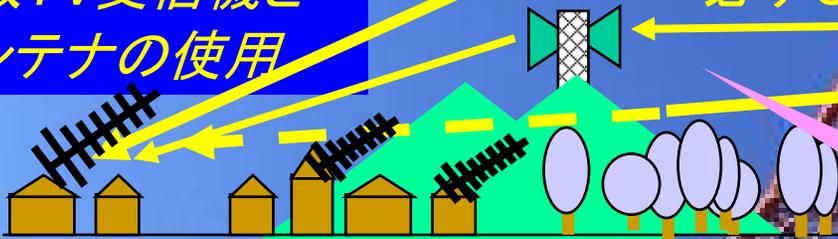
必ずしも届かない

送信電力 ~ 50 kW

TV 塔

大電力

市販TV受信機と
アンテナの使用



~ 100 km

多数の中継局が必要
(日本全国で3,500ヶ所)

地上放送との共存と棲み分け



ヘリコプタを利用したマルチビームアンテナ試作機の 事前実証試験

2002年11月@横須賀上空

デジタルビームフォーミング
(DBF) アンテナ



高度 ~3000 m



マルチビームホーン
(MBH) アンテナ



3.75 Mbps

56 Mbps

Up: 31 GHz
Down: 28 GHz

Up: 48 GHz
Down: 47 GHz

試験項目:

- マルチビーム形成
- 遠隔アレーキャリブレーション
- ビーム走査とトラッキング
- プラットフォームの動揺補償
- 回線特性

デモンストレーション:

- ビデオオンデマンド
- IP 電話
- ウェブアクセス
- HDTV 動画伝送



IP 端末



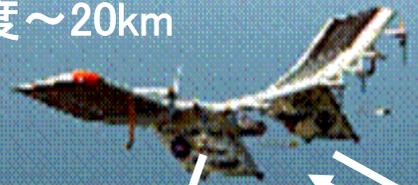
フットプリント(動揺補償)



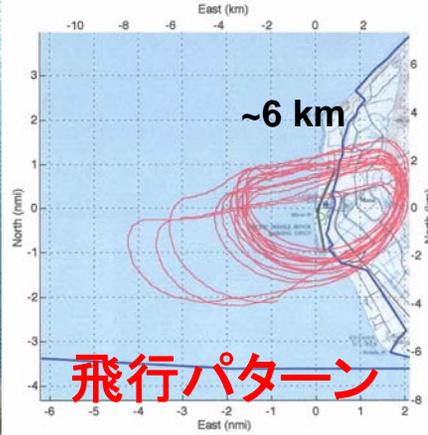
HDTV モニタ

NASAソーラープレーン・パスファインダープラス を用いた成層圏中継実験 2002年6~7月@カウアイ島

高度~20km



成層圏環境での無線機器運用に関する技術データを取得



わずか1ワットの送信パワーでUHF帯による高精細TVが受信可能であることを実証

デジタル放送実験



市販のIMT-2000携帯電話によるTV電話接続を実証

IMT-2000通信実験



定点滞空試験機による

通信・放送ミッション実験

～ 2004年9月～11月

9月24日：基本性能確認試験

最高到達高度：560 m (飛行制御：全モード)

試験項目：デジタル放送と無線局位置推定ミッションの機能確認

11月19日：高々度到達試験

最高到達高度：4,000 m (飛行制御：半自律モード)

試験項目：デジタル放送と無線局位置推定ミッション

11月22日：定点滞空試験

最高到達高度：4,000 m (完全自律モード)

試験項目：デジタル放送、無線局位置推定、光リンク機能

デジタル放送実験結果の概要

目的

- 定点滞空する飛行船から地上の広域にわたってデジタル放送を行うシステムの基礎技術の習得

特徴

- 日本の地上デジタル放送規格で放送
- 市販デジタルTV受像機(HDTV)を使用
- 新開発の広覆域ヘリカルアンテナを飛行船に搭載

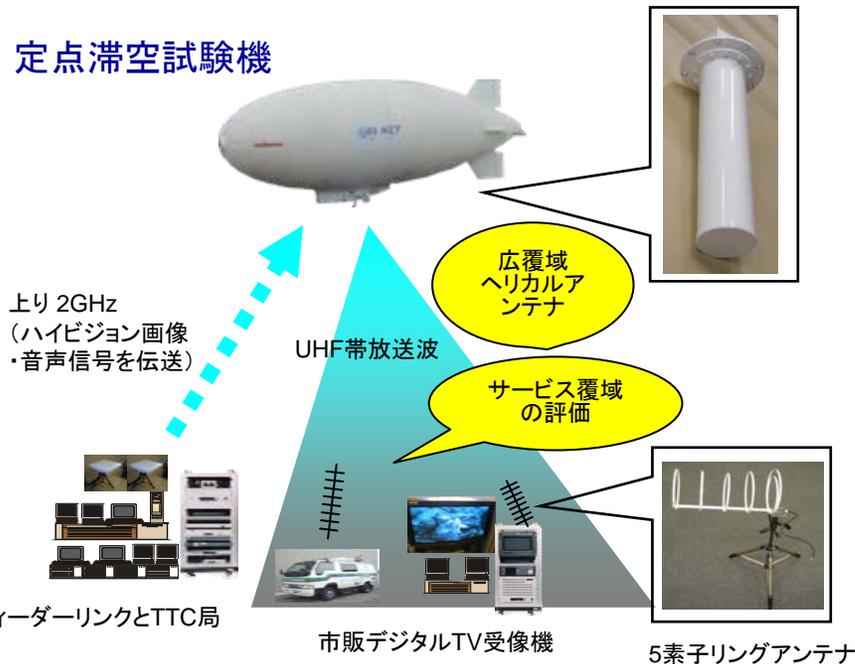
成果

- 複数の地点でハイビジョン画像の受信に成功
(飛行船からのデジタル放送は世界初)
- 各受信点で飛行船特有の動きにあわせた受信データを取得
- 最低仰角10度での受信により新開発搭載アンテナの有効性を検証

課題:

飛行船、ゴンドラ周辺散乱・詳細解析・追試、飛行船姿勢変動補償、地上系放送ネットワークとの共存・棲み分け、チャンネル配分最適化

定点滞空試験機



旭浜港で放送を受信する様子



試験機(高度4km)から放送されるハイビジョン映像を鮮明に映し出す市販の地上波デジタルTV受信機



試験機方向に向けて設置された放送受信用リングアンテナ

デジタル放送実験構成

無線局位置推定実験結果の概要

目的

- 成層圏プラットフォームから地上の電波発信源や無線局の位置を、高精度に推定するシステムの基礎技術を習得するために実施

特徴

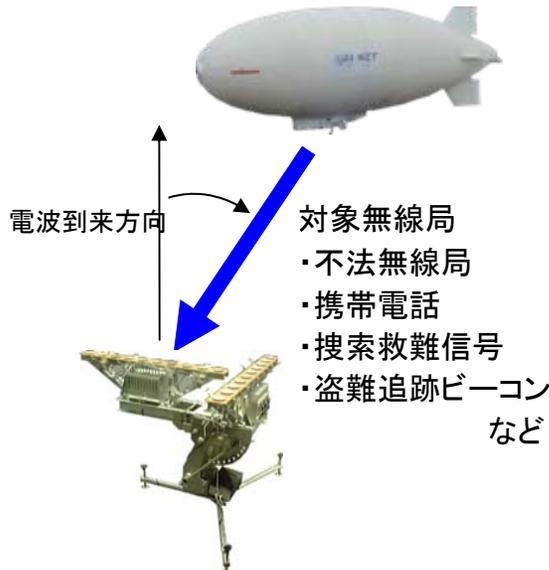
- 遠方から到来する電波の方向を2次元で推定
- 2次元直交アレーアンテナと高速デジタル信号処理装置による実時間処理
- 新開発の逐次処理型高分解能推定アルゴリズムを使用

成果

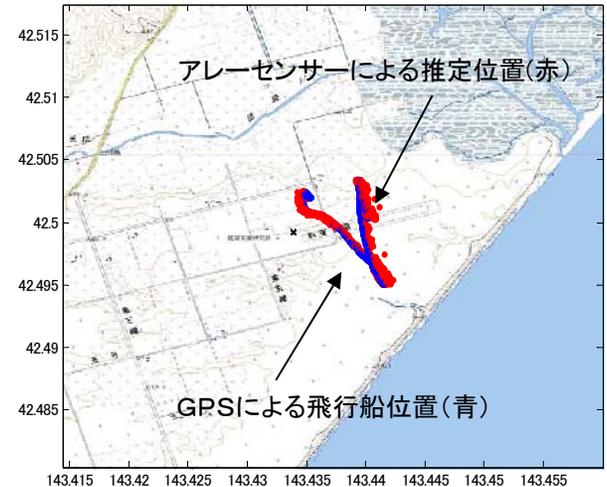
- 搭載GPSデータとの間の位置誤差10m以内を達成
- 移動する飛行船の方向の実時間追尾機能を実証
- さらに位置推定を高精度化するための基礎データを取得

課題:

成層圏高度からの位置誤差10m以内を達成要、アレーセンサー開口拡大、実時間遠隔アレーキャリブレーション技術開発



飛行管制棟屋上に設置した直交配列アレーセンサー



アレーセンサーによる飛行船の位置追尾

実験構成と方位推定を行うために開発した直交配列アレーセンサー

光リンク機能実験結果の概要

目的

- 将来複数の成層圏プラットフォーム間を直接光による広帯域回線でネットワーク化するための基礎技術の習得

特徴

- 地上局と搭載局の間で約4kmの距離を隔てて2軸ジンバル制御小型軽量光アンテナにより相互に光ビームを捕捉してリンクを確立
- 光波長0.98 μm 、光アンテナ直径は4cm
- 光捕捉視野角は上り約2度、下り約 0.5度

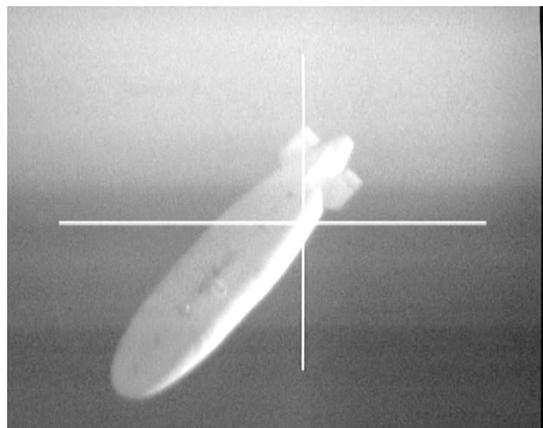
成果

- 相互の光ビーム捕捉ならびに飛行船の動きにあわせてこれを互いに追尾することに成功
(飛行船と地上間距離4kmでの光捕捉追尾は世界初)
- 飛行船の動きにあわせて変化する光追尾アンテナの指向方向、光強度等のデータを取得



試験機を捕捉追尾する
地上光追尾アンテナ

課題:
無線信号伝送のため追尾精度の2桁以上の向上、捕捉追尾安定化、大気揺らぎ補償、2機間でのリンク実証



捕捉前の光アンテナ指向方向



試験機のビーコン光の捕捉追尾に成功
(試験機高度4.0km, 光波長0.98 μm)



実験構成

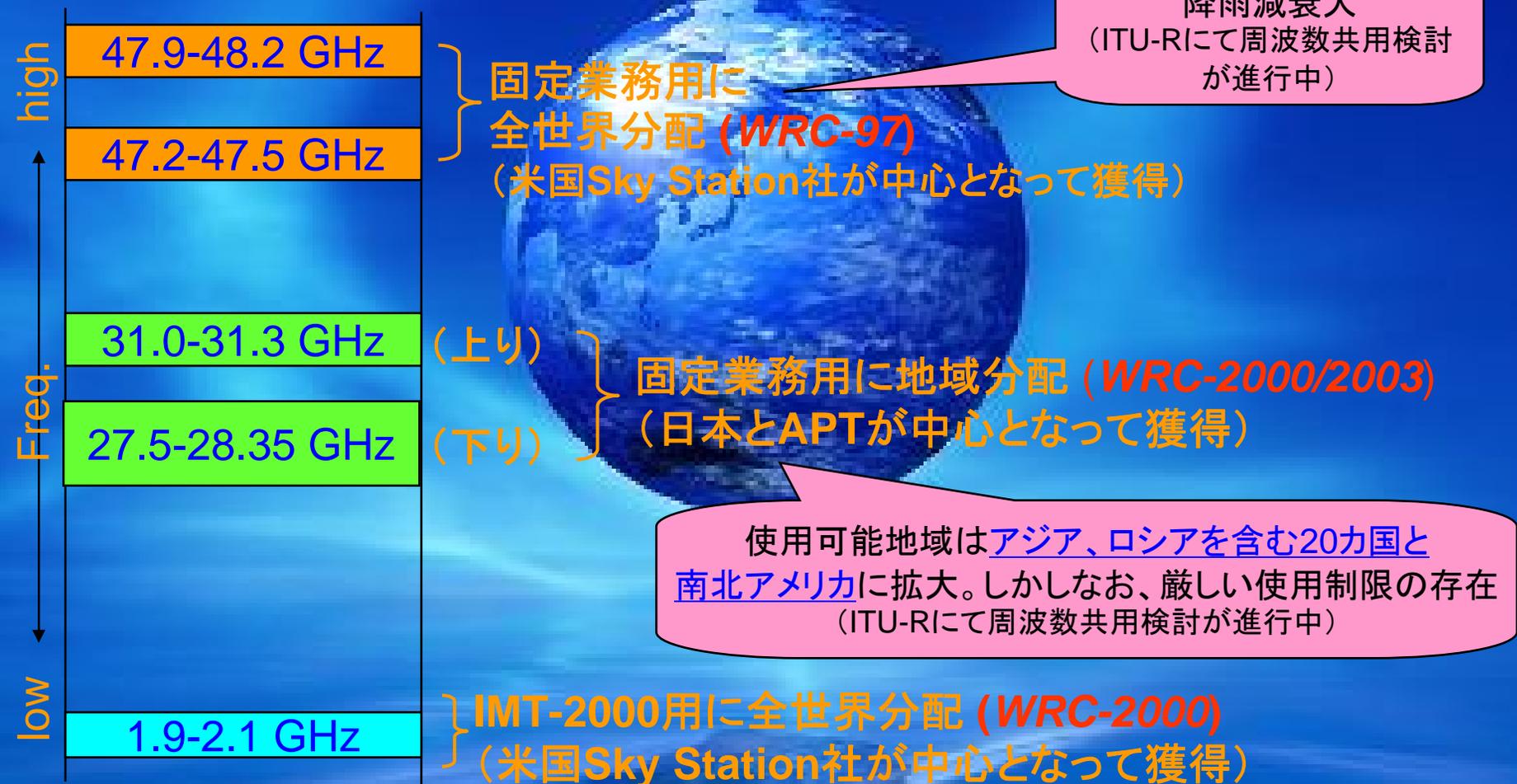


光追尾地上送受信局

本日のご報告内容骨子

1. 研究開発の背景、経緯
2. 研究開発計画と実証実験概要
3. ITU活動ならびに成果総括
4. 今後の方針・計画

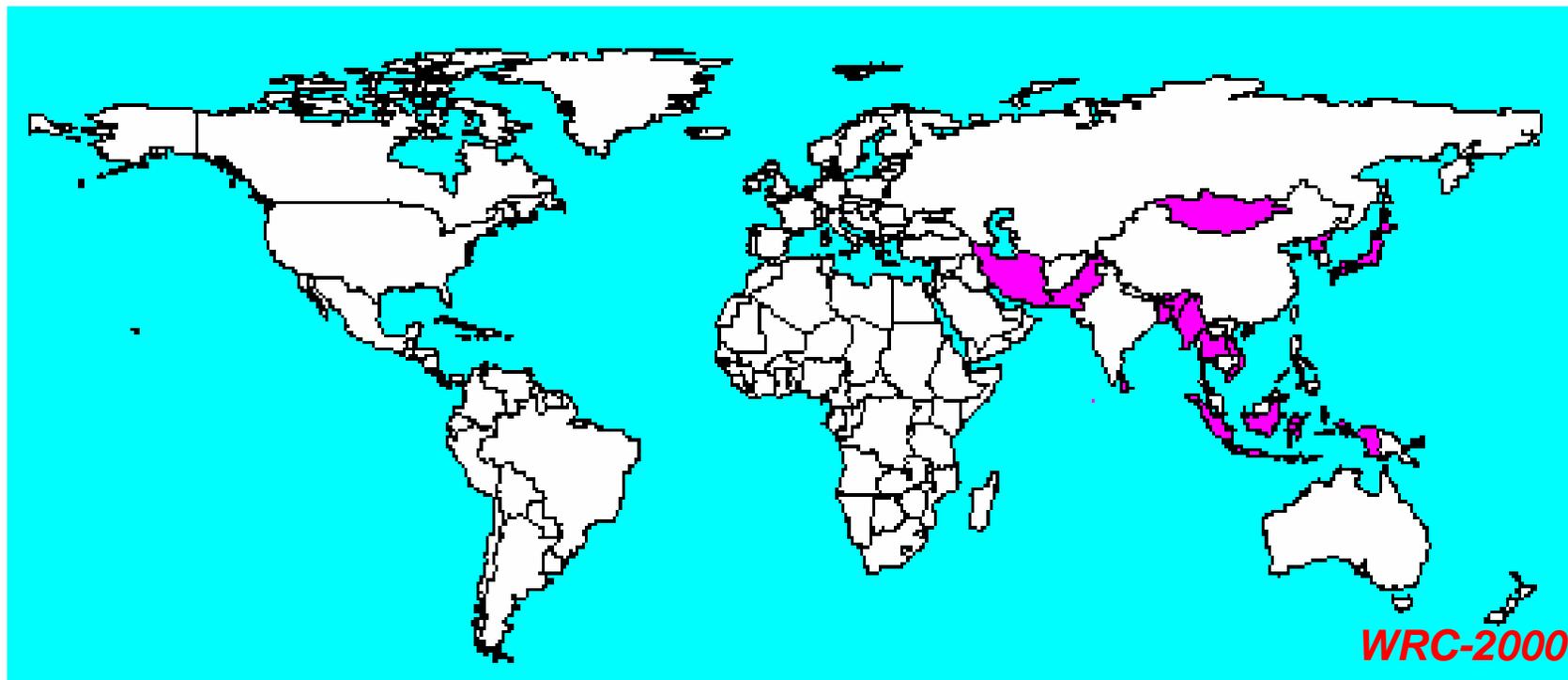
成層圏プラットフォーム用周波数獲得 に関するITU活動



WRC: World Radiocommunication Conference (世界無線通信会議)



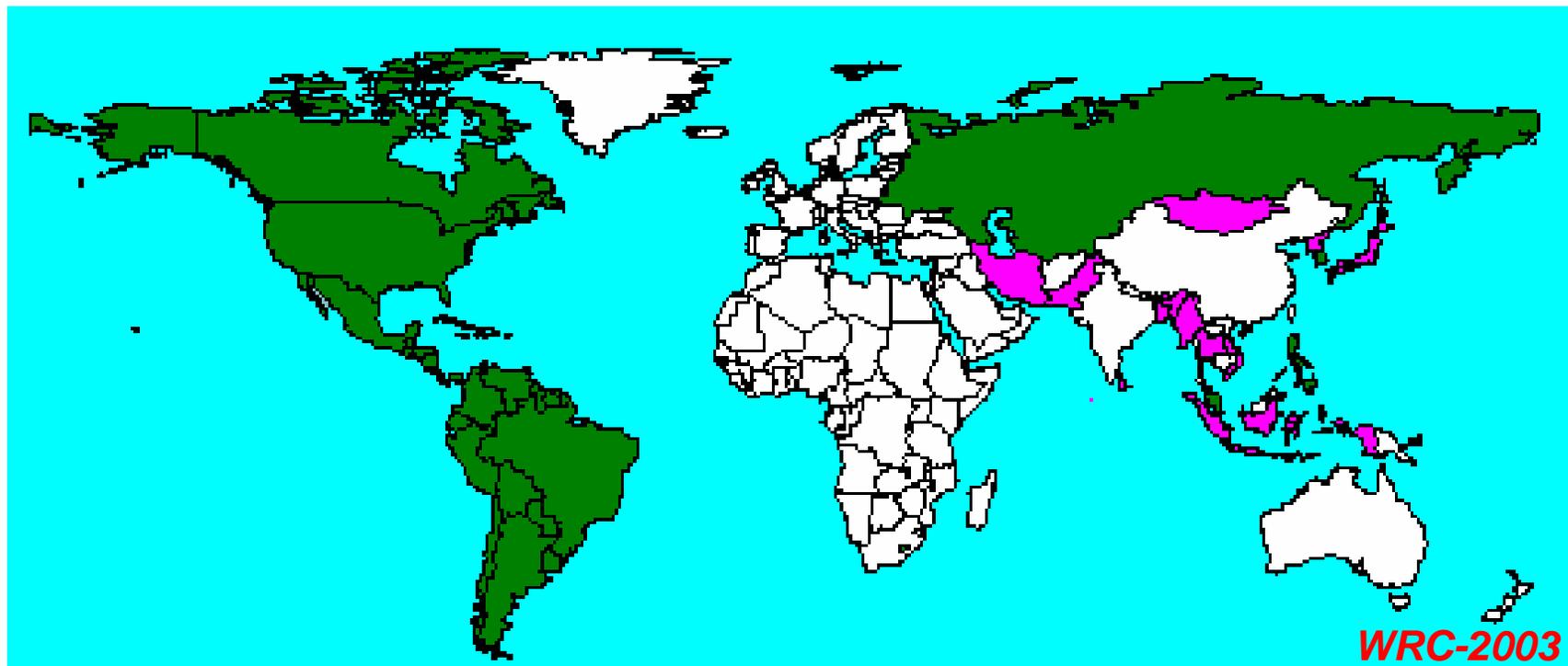
成層圏プラットフォームで31/28 GHz帯 を使える国 (WRC-2000, イスタンブール)



WRC-2000 (イスタンブール)で承認

■
ブータン, インドネシア, イラン, 日本, モルジブ, モンゴル, ミャンマー, パキスタン, 北朝鮮,
スリランカ, タイ, ベトナム

成層圏プラットフォームで31/28 GHz帯 を使える国 (WRC-2003, ジュネーブ)



WRC-2000 (イスタンブール)で承認

ブータン, インドネシア, イラン, 日本, モルジブ, モンゴル, ミャンマー, パキスタン, 北朝鮮, スリランカ, タイ, ベトナム

WRC-2003 (ジュネーブ)で承認

韓国, ロシア, カザフスタン, レソト, マレーシア, ウズベキスタン, フィリピン, キルギスタン, 及び南北アメリカの全ての希望する国

成果総括

1	全体通信システムの研究	研究フェロー会議を主体として、成層圏無線通信システム構想・概念設計を実施し、またARI Bに研究会を設けて実用化に関する調査研究を推進し、各種アプリケーション案につき周波数・関係省庁・ユーザ・ビジネスプラン概案の観点で纏め例示した。 実飛行試験において、固定系・移動系・放送系それぞれに想定したアプリケーションの実証 に、国内および海外にて成功し所期の成果を得た。また、成層圏プラットフォームと同じ周波数帯を使用する他の無線業務との周波数共用技術を確立するために、ITU活動として日本主体の勧告案作成につとめ Ka帯の周波数獲得に成功するなど国際標準化に大きく貢献した。
2	搭載機器・端局機器の開発	固定通信・移動体通信・放送各分野 毎に研究会を発足させて、DBFアンテナ・ミリ波帯アンテナ・2GHz帯アンテナ・UHF帯アンテナおよび各地上機器の開発仕様を定め、評価器材も含めて開発製作した。地上での実通信予備試験および飛行試験においても目標機能・性能の確認が出来た。搭載DBFアンテナと搭載マルチビームホーンアンテナにおいてはヘリコプタ試験にてビーム形成、ビーム制御技術を確認、また最大56Mbpsの交換中継基本技術を確認した。IMT2000システム、デジタル放送システムにおいてもそれぞれ実中継試験に成功し、中継機運用基本技術を確認した。その他、飛行実験を通して 無線局位置推定 のためのセンサー技術・信号処理アルゴリズム基本技術、 光アンテナ捕捉追尾 基本技術の確認にも寄与した。
3	無線アクセス制御法の研究	ヘリコプタを使用した事前飛行試験において、IPパケット交換による最大56Mbpsのマルチメディアデータ通信(データ、動画、音声)を実施し、 アクセスプロトコル基本技術を確認した。 またソーラープレーンを使用した実験において、高度20km(遠距離・長遅延)での WCDMAプロトコル運用基本技術を確認した。 実験支援器材、関連器材としてTTC機器、INS機器、搭載電源等の開発、搭載環境設計・評価を行い、前記各飛行試験および定点滞空飛行試験を成功させた。
4	飛行試験の実施	事前飛行試験として、まず ソーラープレーン でIMT-2000およびデジタル放送中継実験を、 ヘリコプタ ではDBF高速無線アクセス実験と広帯域HDTV素材伝送実験を、 ジェット機 ではデジタル放送実験を行いこれらに成功した。実飛行船として 定点滞空機 を使用して、デジタル放送実験・無線局位置推定実験・光リンク機能実験を行い所期の目標を達成する事が出来た。

その他波及効果など総括

<p>1 ソーラープレーンによる成層圏無線中継実験</p> 	<p>米国NASAとの共同で実現した本実験は、世界初の成層圏からの放送と携帯電話中継の成功という結果となり、成層圏無線通信の実証・成層圏環境での通信機器の運用を実現し世界的な注目を集めた。結果米国とは継続的に、また欧州ともあらたな海外共同研究の連携につながった。</p> <p>一方、ITUでも米国政府の姿勢に影響を与えるなど、周波数分配に関わる活動に大きな影響を与えた。</p>
<p>2 ヘリコプタ、ジェット機による事前実証試験</p> 	<p>飛行船を使った実験に先立ち、航空機を利用して通信・放送の事前実証を行ったものであるが、ミリ波帯、準ミリ波帯、マイクロ波帯、UHF帯による無線IP接続、ハイビジョン放送素材伝送、デジタル放送などのアプリケーション機能実証・デモンストレーションに成功するとともに、机上では得られない貴重なデータと実績を蓄積する事が出来た。</p>
<p>3 海外に対する情報発信と国際連携の実現</p> 	<p>ヘリコプタ、ジェット機、ソーラープレーン、定点滞空機による多くの実飛行実験の成功とITUでの活動は、米国・欧州・韓国・中国・インドネシア・マレーシア他海外の成層圏プラットフォーム通信に対する関心を高めた。米国NASAのUAVの研究開発は一層活発となり、日本との共同研究に積極的な機運である事、欧州での類似研究開発プロジェクトとも共同研究が開始されるなど国際的な連携体制が進展しつつある。また、1999年から我が国で始めた成層圏プラットフォームワークショップは7年間にわたって5回の開催を継続し、これが刺激となって2000年にはマレーシアのデジタルデバドワークショップにて成層圏のセッションが、2001年からはインドネシアにてHAPSワークショップが、2004年からは韓国でも成層圏ワークショップが開催されるなど、アジア圏において日本がリーダシップ的な役割を果たした。一方、国内の電子情報通信学会等でも多くの成層圏のセッションが、またWPMCなど国際学会にても成層圏のセッションがもたれるなど研究活動において活発な討議が行われる牽引力となった。</p>

発表論文、特許、広報活動

発表論文

通算 154件

★ 国際学会 55件

AIAA ICSS21
AIAA Unmanned System
AIAA ATIO
GLOBECOM 他

★ ITU関係 20件

ITU Telecom 2003
ASTAP HAPS-EG 他

★ 国内学会 79件

映像情報メディア学会
電子情報通信学会 他

特許

通算 14件

★ 取得 4件

☆ 出願済 10件

実験公開

通算 5件

ソーラープレーン飛行試験他、通信・放送実証実験を公開した

展示会出展

通算 27件

航空宇宙展、夢の技術展など大規模展示や海外での展示にも参加した

本日のご報告内容骨子

1. 研究開発の背景、経緯
2. 研究開発計画と実証実験概要
3. ITU活動ならびに成果総括
4. 今後の方針・計画

今後の方針・計画

将来動向をにらみ普遍的技術開発の継続

☆ 通信・放送システム要素技術の研究開発 (ポテンシャルの維持向上)

- 搭載スマートアンテナ技術と高速アクセス技術
- 電波方向探知のための分散搭載アレーセンサー技術
- プラットフォーム間ネットワーク技術
- 非常・災害時アプリケーション開発(検索・監視・非常通信など)

☆ WRC-2007に向けた標準化活動

- Ka帯アレーアンテナ技術の導入と衛星との共用条件
- 3~18GHzでの周波数特定の動きを注視(韓国、ヨーロッパ)

☆ 海外との連携を推進

- NASAのソーラープレーン and/or UAVプロジェクト
- ヨーロッパCAPANINAプロジェクト(NICTとのMoUあり)
- 中国清華大、上海交通大(清華大とはNICTと包括協定あり)

☆ 航空宇宙工業会等における民間活動との連携

☆ UAVによる通信実験(日米共同)

☆ 低高度飛行船や航空機など、他の飛行体も積極活用

- ツェッペリンNT飛行船など

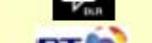
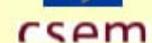
具体的アプリケーションでの実証実験の継続
無人機(UAV)や飛行船を使った災害通信・安全監視システム等

今後の方針・計画 - 捕捉

Communications from Aerial Platform Networks. . .



The CAPANINA Consortium

 <p>University of York (UK) - York Electronics Centre - Department of Electronics</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Builds on 'HeliNet' Expertise ■ €5.6M total, €3.1M EU Contribution ■ 64 people involved ■ Balanced research, development and exploitation activities ■ 1 Overseas collaborator
 <p>Jozef Stefan Institute (SL)</p>	
 <p>Politecnico di Torino (I)</p>	
 <p>Universitat Politecnica de Catalunya (ES)</p>	
 <p>Carlo Gavazzi Space (I)</p>	
 <p>Budapest University of Technology & Economics (HU)</p>	
 <p>DLR (D)</p>	
 <p>BTextact (UK)</p>	
 <p>SkyLINC Ltd (UK)</p>	
 <p>EuroConcepts Srl (I)</p>	
 <p>CSEM (CH)</p>	
 <p>Contraves AG (CH)</p>	



National Institute of Information and Communications Technology of Japan

欧州プロジェクト 'CAPANINA' との連携



GLOBAL OBSERVER

High - Altitude Long - Endurance (HALE) UAV System

Communications Relay & Remote Sensing Missions



APPLICATIONS

- DISASTERS
- HOMELAND SECURITY
- DISASTER RECOVERY
- TELECOM REPAIRS, OPS
- WILDFIRE / FLOOD TRACKING, OTHERS

ATTRIBUTES

- 65,000 ft altitude
- 1+ week endurance
- Inter - continental range
- Persistent stare capability
- Up to 600+ mile diameter footprint
- Significant payload flexibility / capacity

NASA/AV社が開発中のUAVとアプリケーション構想...共同実験の模索

SkyTower

Telecommunications

Applications

- Fixed Broadband
- 3-G Mobile
- Narrowband
- Direct Broadcast

Attributes

- Low Cost, Scalable
- High Capacity
- Exceptional Coverage
- Rapidly Deployable
- Reliable / Maintainable
- Upgradeable



Primary Technology for Bridging the Last-Mile