

宇宙開発応用特論 (Applied Space Development Engineering)

実践的な宇宙通信概論と宇宙通信機器技術

1 / 3

第1回 2000年12月15日

—宇宙通信概論と宇宙技術者の心得—

白子悟朗

(技術士: 航空・宇宙部門)

E-mail goro-shirako@mui.biglobe.ne.jp

HP-url <http://www2s.biglobe.ne.jp/~gshirako/>

講義を始めるにあたって

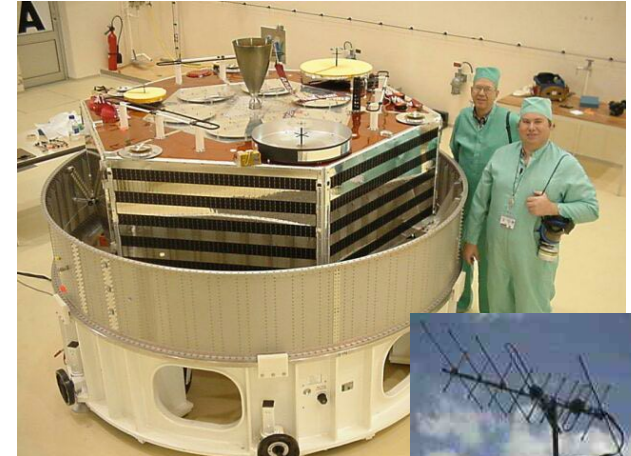
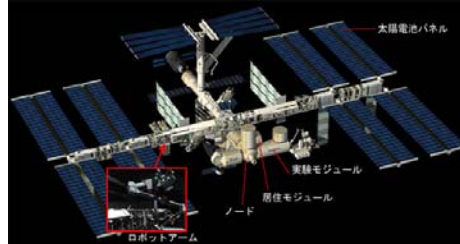
宇宙システムでの通信技術は、宇宙の部分と地上の部分を含めたシステムの中枢神経に相当する役割と、広く衛星通信として社会の安全性と豊かさを身近な存在となっているなどきわめて重要で幅の広い技術分野です。本講義では 1)宇宙通信概論として宇宙通信の歴史、衛星通信技術の特徴、通信技術の動向と、 2)衛星システムにおける通信系設計概要として通信系設計概要、小型衛星搭載通信機器の実践的な概説、加えて体験的な 3)宇宙技術者の心得を紹介した講義させていただきます。学生諸君の積極的な発言・議論をお願いします。

<講義予定>

- 12/15(金) 13:20-16:30: 宇宙通信概論、宇宙技術者の心得、(アンケート)
- 1/12(金) 13:20-16:30: 衛星システムにおける通信系設計概要
- 1/26(金) 13:20-16:30: 小型衛星搭載通信機器の実際他
- (2/ 2(金) 13:20-16:30 予備日)

謝辞; 本講義資料には、友人・中里祥三氏に貴重な資料提供を頂き、感謝。

ビッグピクチャー(最近の話題から)

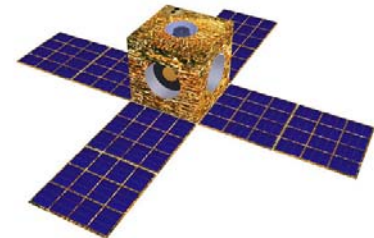


・国際宇宙ステーション組立作業佳境に



・日本の宇宙開発の行方
—新宇宙政策議論中

・国際アマチュア衛星P-3D軌道に乗る
—教育現場で衛星開発芽生え



衛星設計コンテストを審査して

コンテスト審査委員として参加した感想を以下に列記し、今後の発展を念じたいと思います。

1. 学生の皆さんの力作には新鮮な感動と宇宙に対する熱意を感じました

2. 衛星設計を中心にしてきた本コンテストに、利用に対するアイデアの応募があり新しい潮流を感じました

3. 日米学生協力・キャンサット計画などでの物づくり経験や実験による裏付けが盛り込まれる傾向は歓迎

今後は、宇宙技術に不可欠な無線技術の修得に期待したい

4. 本コンテストの今後の発展には、宇宙実証機会(ロケット実験を含む)の確保、周波数の確保が不可欠

5. 衛星開発は技術やマネジメントを学ぶ最高の教室...大学の総合力を生かせる

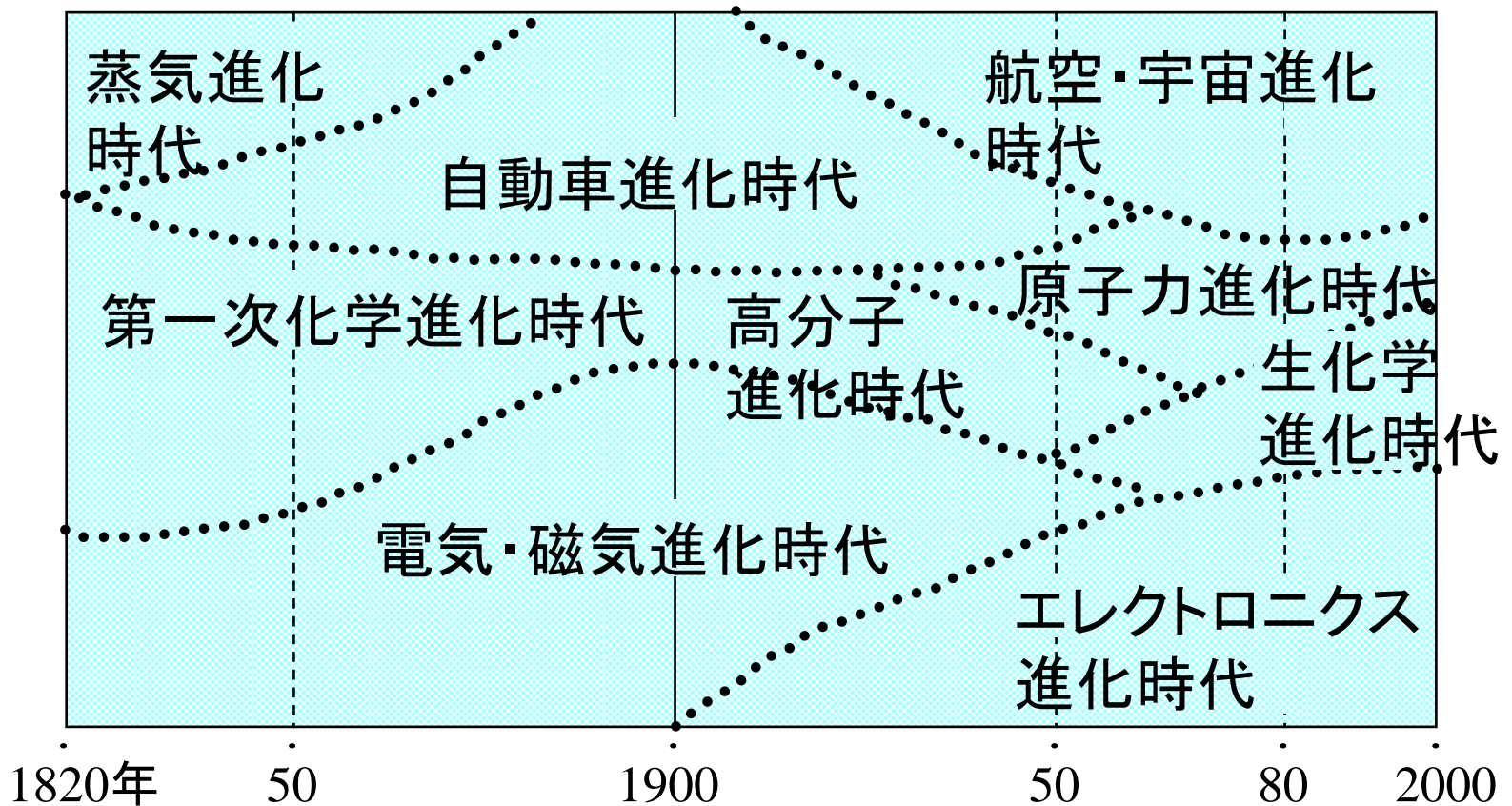


第1回 講義内容

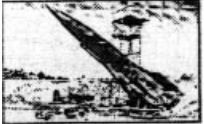








- 宇宙通信概論
 - 宇宙開発概論
 - 宇宙通信の歴史
 - 宇宙通信技術の特徴
 - 通信技術の動向
 - 通信システムの基本概念
- 宇宙技術者の心得

21世紀は宇宙進化の時代 —技術革新のトレンド—

(日経産業新聞)



宇宙開発史上の主な出来事

世界の宇宙開発	日本の宇宙開発
	1955 ペンシルロケット
V2 ロケット 1944	 
	1970 我が国初衛星・おおすみ
人類初の衛星 1957 ・スプートニク-1	1975 NASDA初衛星・きく
	1985 ハレー彗星探査機
人類初の宇宙飛行 1961 ・ガガーリン	1992 毛利さん・宇宙飛行
	1994 H-IIロケット
アポロ11号月面着陸 1969	2004 JEM建造開始
	
スペースシャトル初飛行 1981	
	
レガン大統領・宇宙ステーション 計画を提言 1984	
	
宇宙ステーション建造開始 1998	

宇宙開発の社会・文明への貢献

- **社会生活への貢献**

- －気象観測衛星「ひまわり」: 天気予報精度の向上、天気予報会社の出現
- －宇宙通信(CS、BS、カーナビ): <何時でも、何処でも、誰とでも>
- －地球環境観測・災害監視システムの構築等
- －太陽光エネルギーの供給

- **産業への貢献**

- －商用打ち上げロケット市場参入
- －人工衛星搭載機器の世界市場への供給
- －宇宙環境利用による研究(新素材、医薬品、...)

- **人類の知識・英知の向上**

- －X線天文衛星、電波望遠鏡衛星「はるか」等

- **夢とチャレンジ精神を育む宇宙開発**

- －理科離れの是正、青少年・少女に夢

世界の宇宙開発：宇宙輸送機／衛星の比較

宇宙輸送機の比較		
	ロケット等	打ち上げ能力 (静止:トン)
日本	H-IIA	2~4
	M-V	1.8(低軌道)
米国	タイタン III~IV	2.2~4.5
	スペース シャトル	29.5(低軌道)
欧	アリアン IV~V	2.2~3.4
中	長征2B	2

衛星の打ち上げ実績		
	国名	数量(機)
1	ロシア/旧ソ	3,081
2	米国	1,610
3	欧州	210
4	日本	81
5	中国	51
	合計	5,221

(1999年12月現在)

欧米の宇宙政策との比較

日 本	欧州／ESA	米 国
<p><平和目的の原則に則る></p> <ul style="list-style-type: none">・独創的科学・技術の推進・社会ニーズに対応・経済的宇宙活動・国際協力・宇宙保全・無人／有人のバランス・<u>宇宙産業の発展への配慮</u>	<ul style="list-style-type: none">・新しい科学的知見の獲得・政策及び経済への寄与・<u>欧州産業競争力の向上</u>・欧州宇宙活動の自在性、競争力、柔軟性確保・科学・観測・通信・ロケットに優先順位	<ul style="list-style-type: none">・宇宙の知識を深める・<u>米国の安全保障</u>・<u>経済/技術競争力を向上</u>・宇宙技術への投資/利用・内外政策に資する国際協力を推進

日本の宇宙技術力強化の必要性

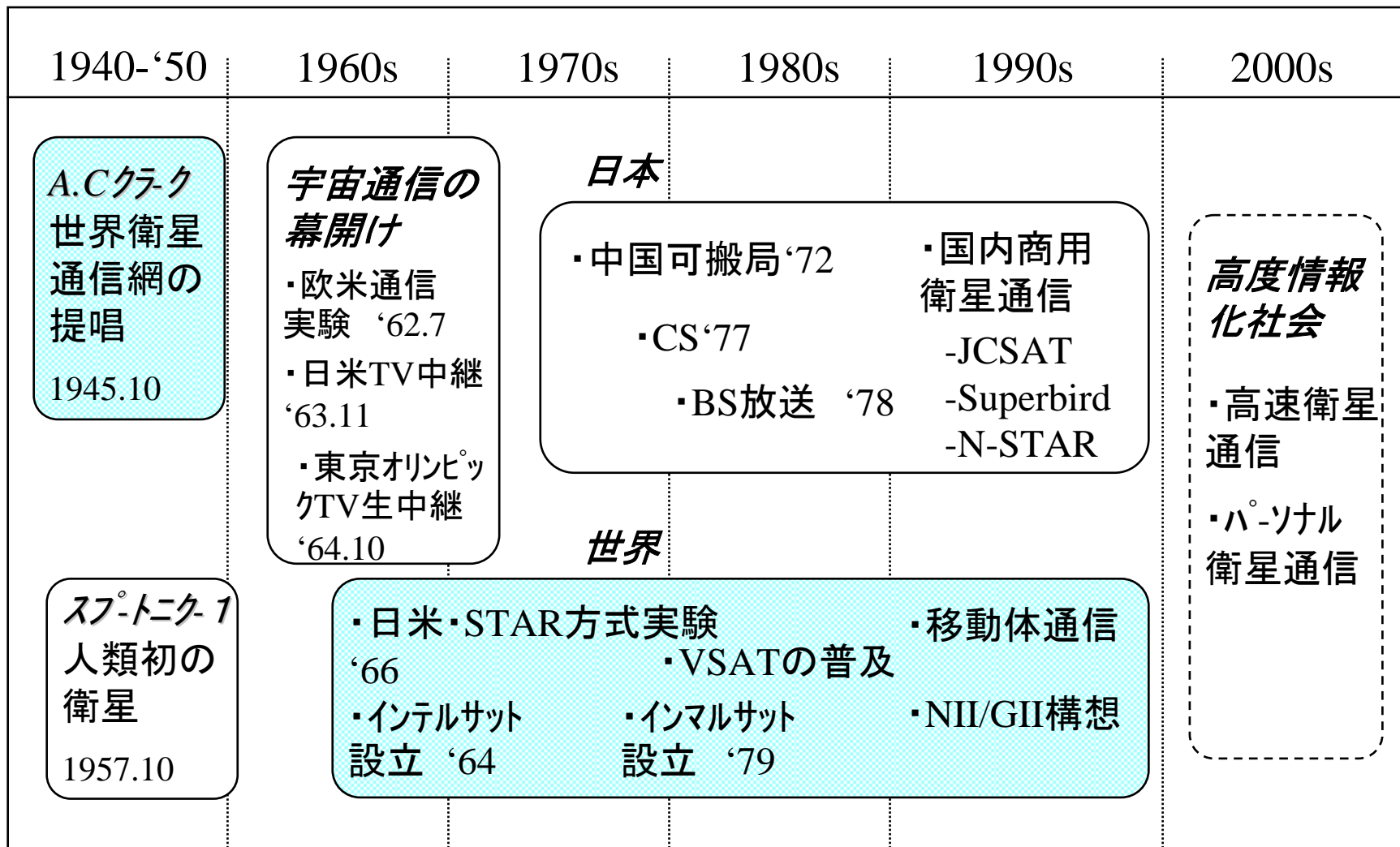
- 宇宙開発は、21世紀の情報社会、産業活性化の推進力
 - 宇宙環境は、マルチメディア社会の重要インフラ
 - 産業競争力の強化
 - 新事業の創出
- 科学技術安全保障の確保
 - 借り物の技術は、産業の存続を危うくする
 - ハイテク技術には、自力開発技術の蓄積必要
- 宇宙開発を通して、世界で尊敬される国創りを
 - 独自技術による国際貢献

21世紀への期待

—宇宙開発・利用を通して—

- 宇宙 = 科学技術創造立国日本の21世紀を担う核の一つ → 宇宙文化の創造へ
- 宇宙産業は、社会発展に寄与するシステム産業
- 日本独自技術と国際協力によって世界に貢献
 - 地球環境の監視・保全
 - マルチメディア情報インフラの一翼
 - 災害監視・予知—新材料・医薬品等の新技術創出
- 人類の活動領域の拡大
 - 宇宙 = グローバルな第4の社会資本(インフラ)
(例)宇宙工場、宇宙発電、スペースコロニー、宇宙観光等

宇宙通信の歴史



衛星通信の幕開け

•宇宙開発と通信技術

人類が宇宙に夢と期待を持って挑戦するにあたり必要だったのは宇宙飛翔体との通信手段

1945年 英国・アーサー C クラーク 衛星による汎世界的な通信網構想

1957年 ソ連・人類初「スプートニク」が20/40MHzの電波を宇宙から発信

1958年 米国初・「エクスプローラ」が108MHzの電波を宇宙から発信

1960年 米国・風船型反射衛星「エコー」で通信実験

1962年 米国・ベル研 6/4GHz中継器搭載の中高度衛星「テルスター」

1962年 米国・NASA 1.7/4.2GHz中継器搭載中高度衛星「リレー」

1963－64年 米国・NASA 最初の静止衛星「シンコム」

...深宇宙探査通信

...衛星間通信

A.C クラーク(英)による 世界衛星通信網の提唱－1945年

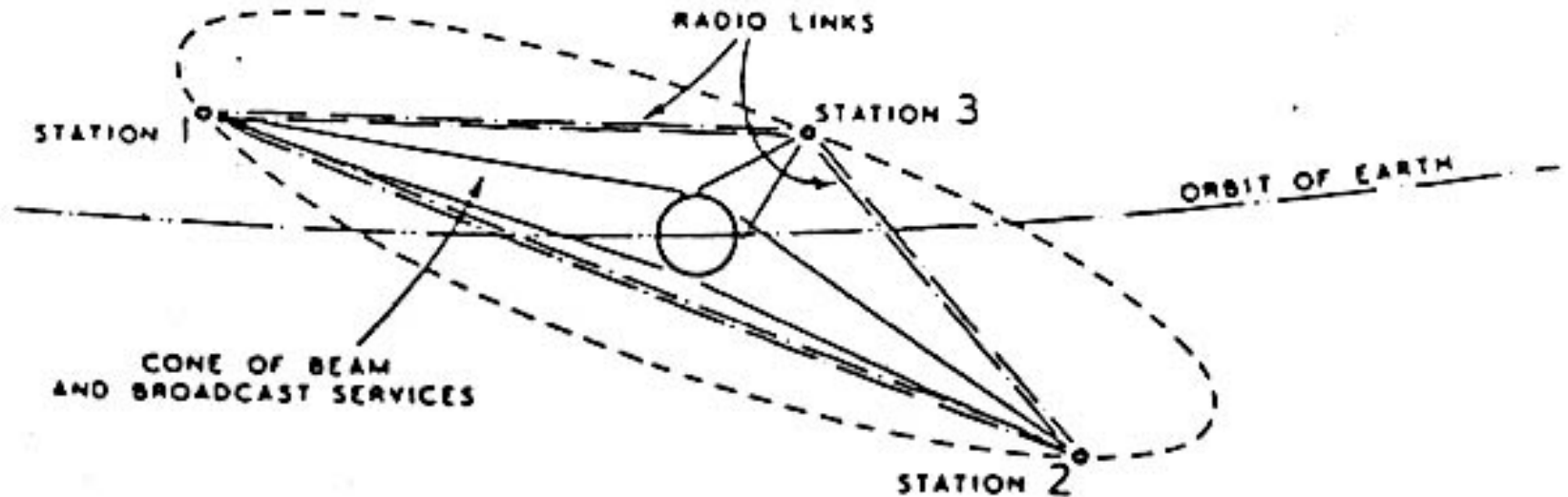
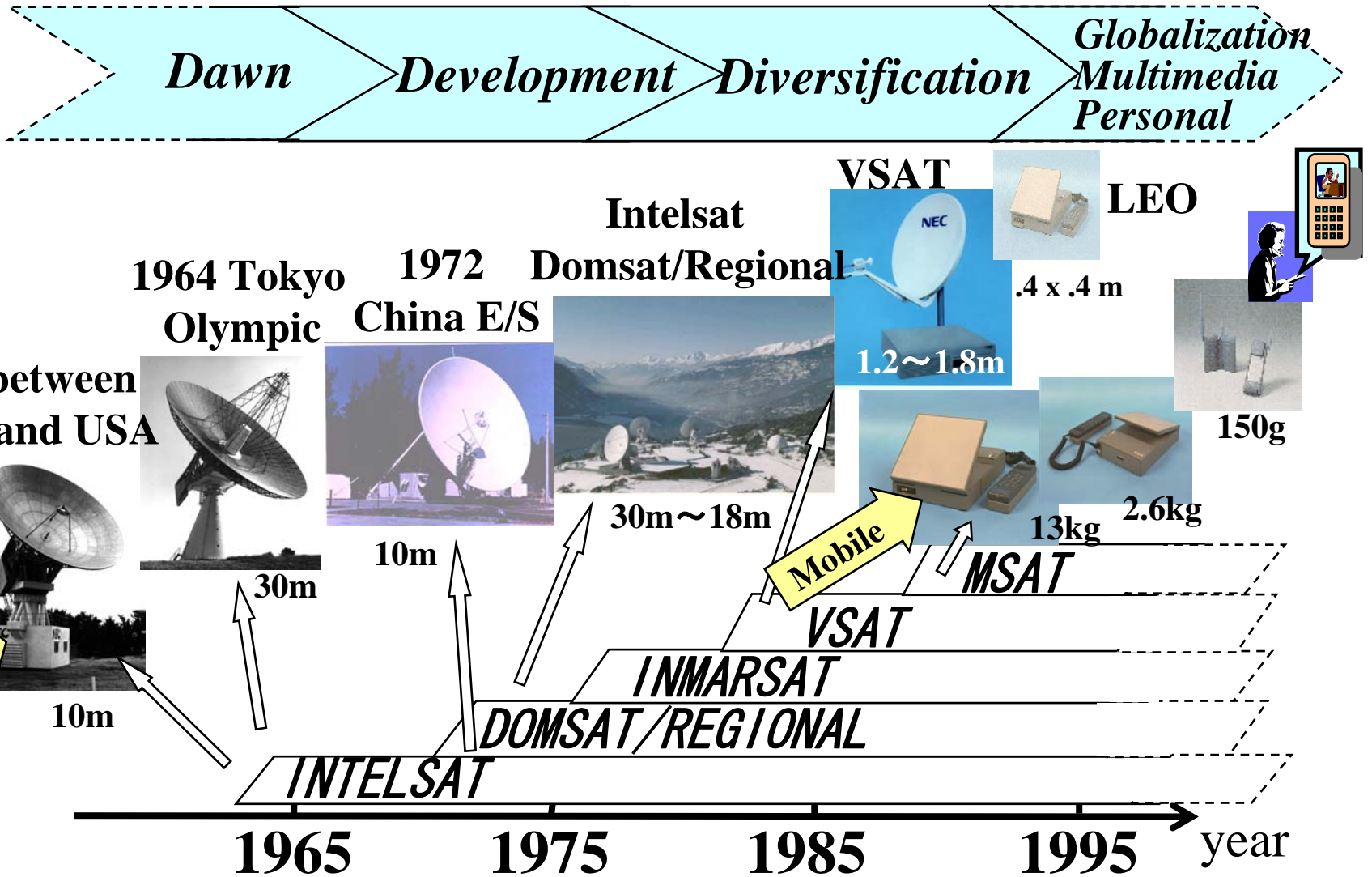


Fig. 3. Three satellite stations would ensure complete coverage of the globe.

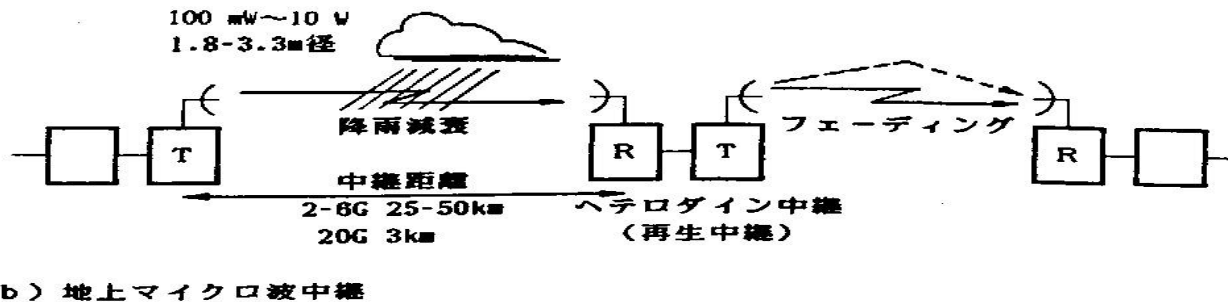
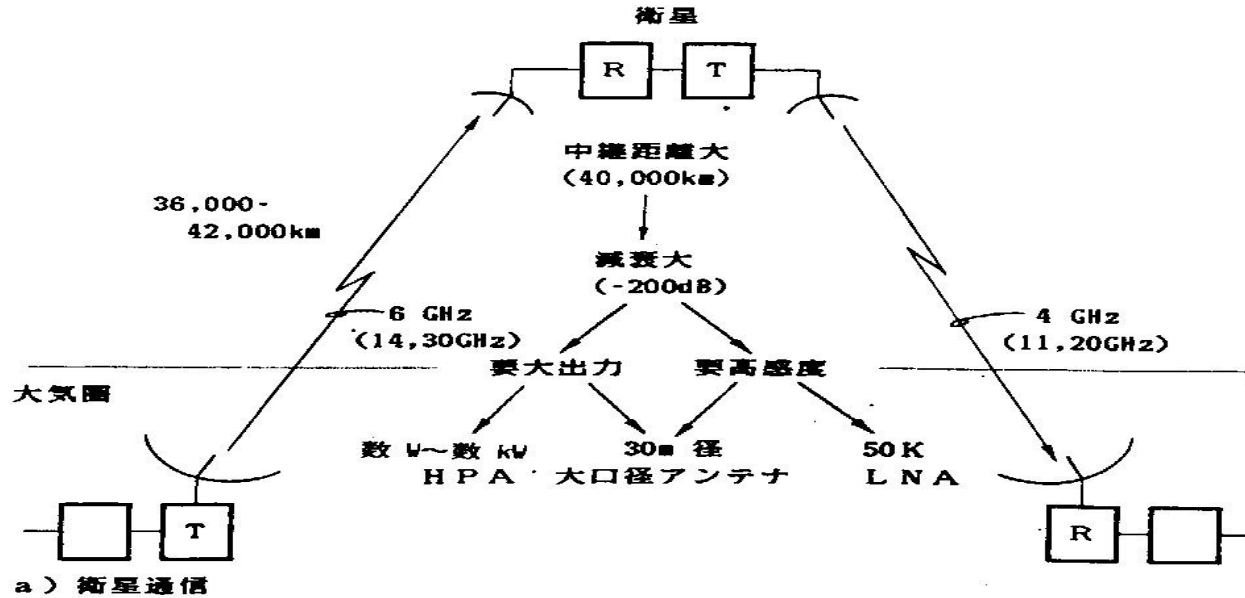
EXTRA-TERRESTRIAL RELAY: A.Cクラーク著

(ワイヤレス・ワールド OCT'45より)

日本の衛星通信の歴史—地球局—

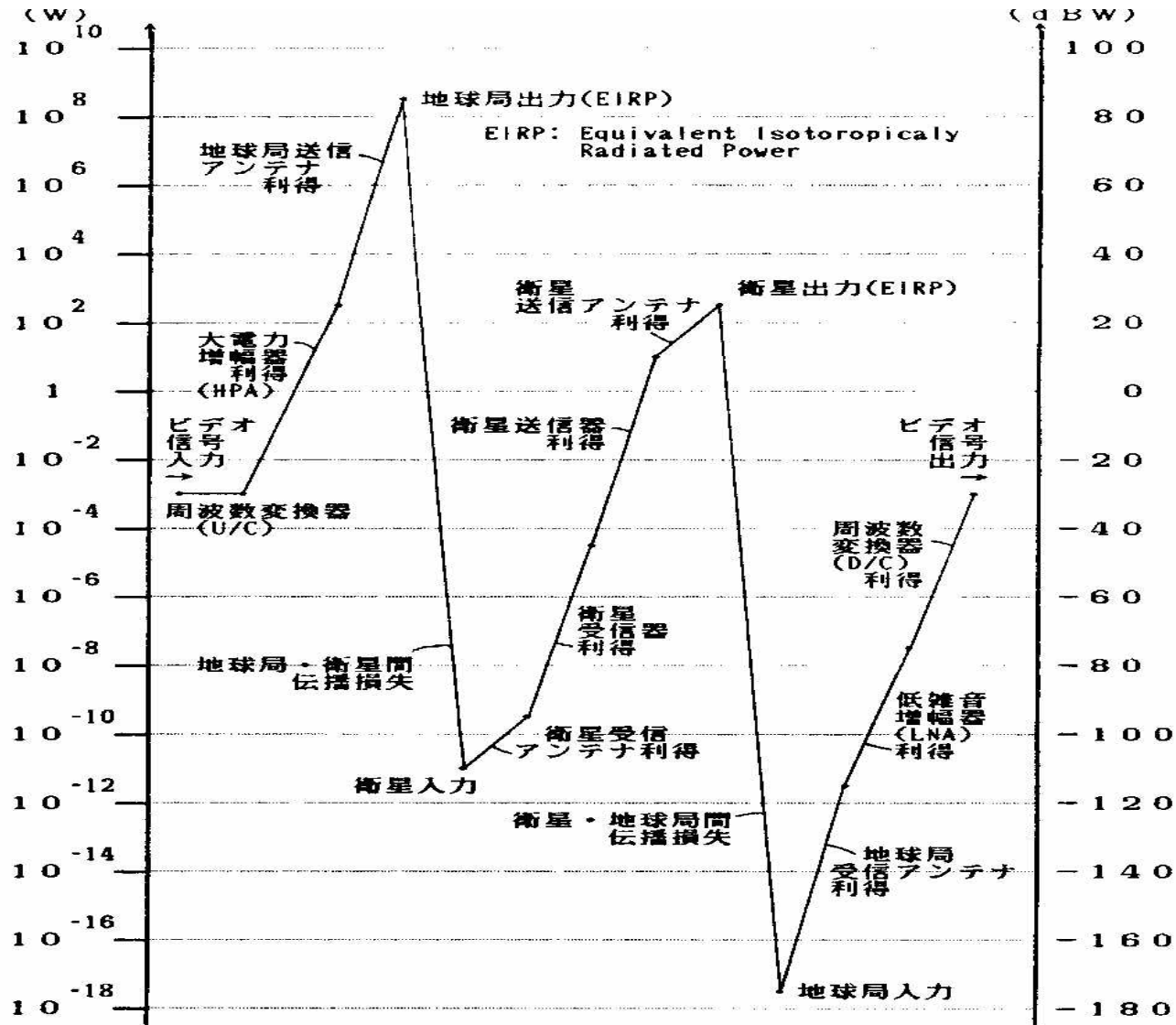


衛星通信技術の特徴



地上マイクロ波中継と比較した
衛星通信技術の特徴

衛星通信のレベルダイアグラムの例



T V 伝送の場合の衛星通信系内レベル・ダイヤグラム

衛星通信の長所と短所

静止衛星を用いた衛星通信の特徴

◎ 長所

- 1) 安定に大容量、広帯域の通信が可能
- 2) 通信品質が地上の距離と無関係
- 3) 建設・維持費が地上の距離と無関係
- 4) 局間の地形的影響を受けない
- 5) 災害に強い
- 6) 局間の政治的影響を受けない
- 7) 衛星ビームの内なら何処でも通信可能
- 8) 本質的に放送モード

適用例:

- TV中継
- 遠距離通信
- 国内通信離島僻地通信バックアップ回線
- 国際通信
- 移動/仮設直接放送/同報

◎ 短所

- 1) 伝搬遅延が不可避(1ホップで約0.3秒)
- 2) 電波干渉対策が必要(地上/隣接衛星)
- 3) 盗聴されやすい
- 4) 高緯度地域では利用しにくい
- 5) 高い周波数帯で降雨減衰が大きい

衛星通信の長所と短所

静止衛星通信問題点を克服する技術

1) 遅延時間:

・音声回線に対してエコーキャンセラの適用、・データ回線に対してプロトコル変換

2) 電波干渉対策:

・地球局アンテナ指向特性(サイドローブ)の改善、・誤り訂正技術の適用、・スペクトラム拡散技術の適用、・周波数利用計画の調整

3) 通信の秘密保持:

・スクランブリング、秘匿技術の適用

4) 限られた静止軌道:

・周波数の再利用(マルチビーム)、・新周波数の開拓、・衛星配置の高密度化、・非静止衛星の活用

5) 降雨減衰対策:・ダイバーシティ、送信電力制御等

6) その他:・衛星の大型化、衛星上交換、衛星間通信

衛星通信の技術動向

1. 衛星通信初期:

用途: 国際通信、長距離TV中継など

環境: 衛星中継器の使用コストが高価、通信網は大きな地上局が少数

開発目標: 衛星中継器の能力向上

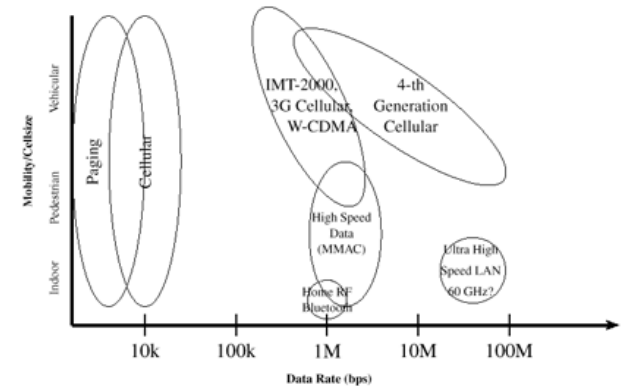
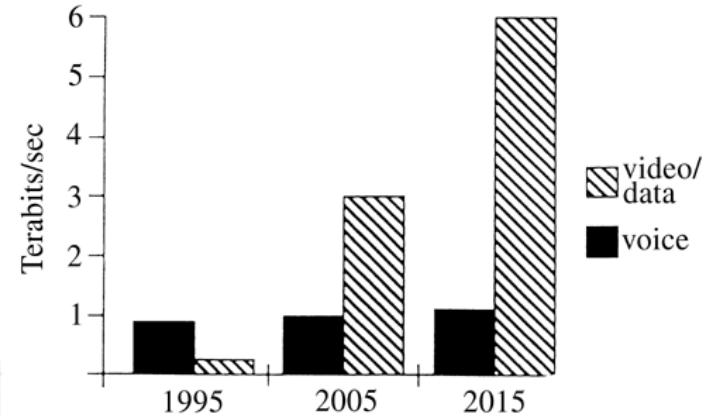
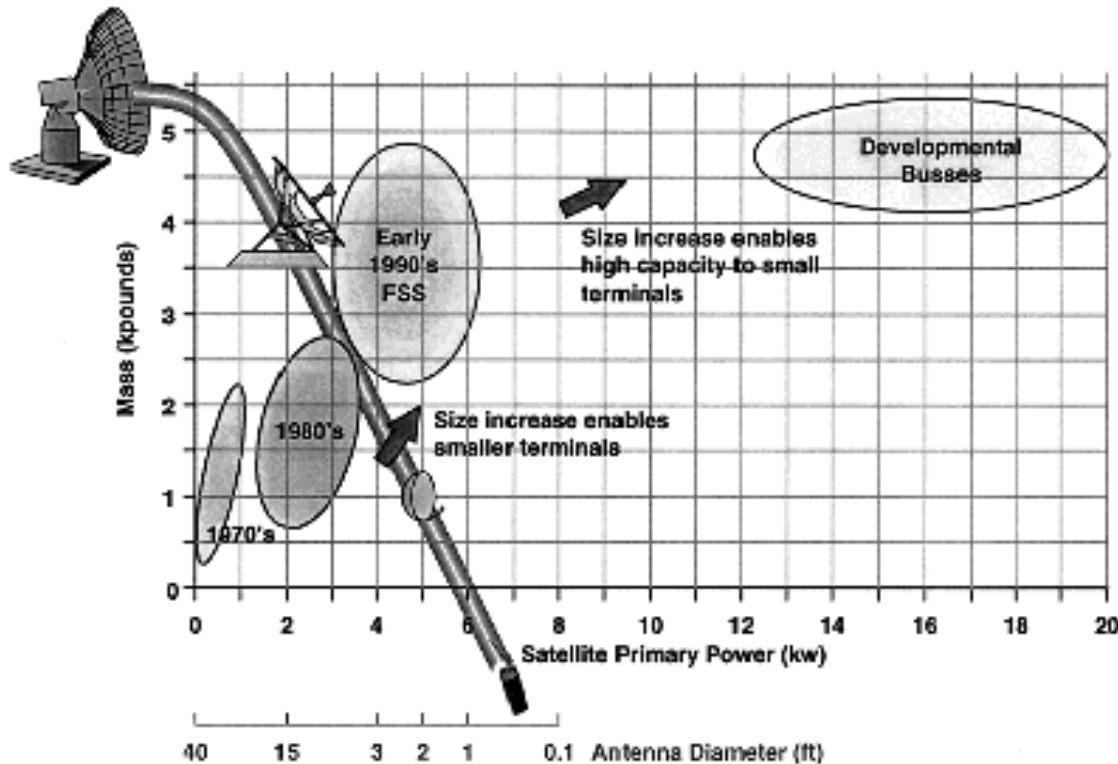
2. 近年 & 将来:

用途: 国際通信 + 国内ビジネス、パーソナル用途に多様化

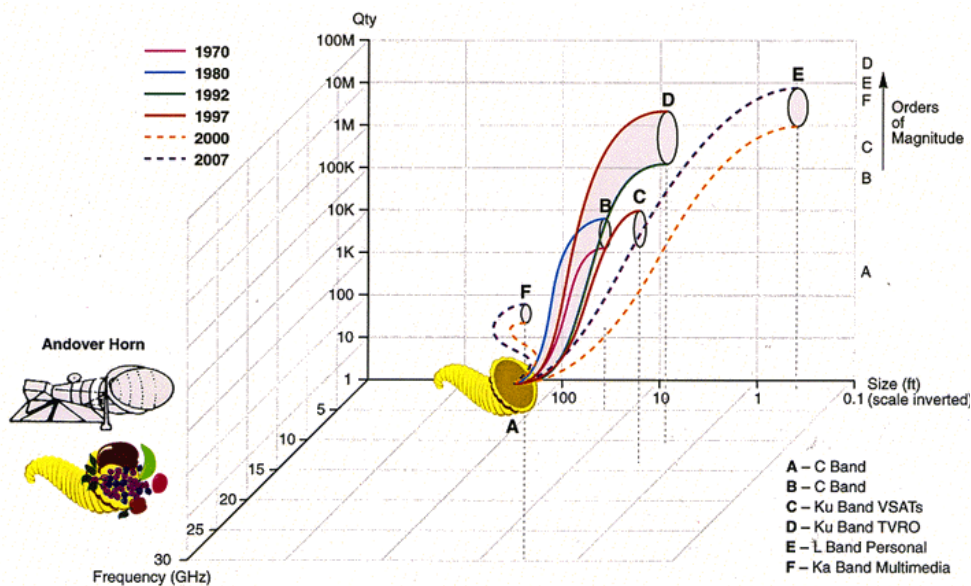
環境: 中継器使用コスト低廉化、小型地上局で運用、光ファイバー補完

開発目標: 小型地上局低価格化、デジタル化、応用分野の開拓

衛星通信分野における技術動向



衛星通信技術トレンド



Mitsubishi MSAT (1994)



Surrey LEO Satellite Terminal



PC with External Appliance

PC Based



Integrated



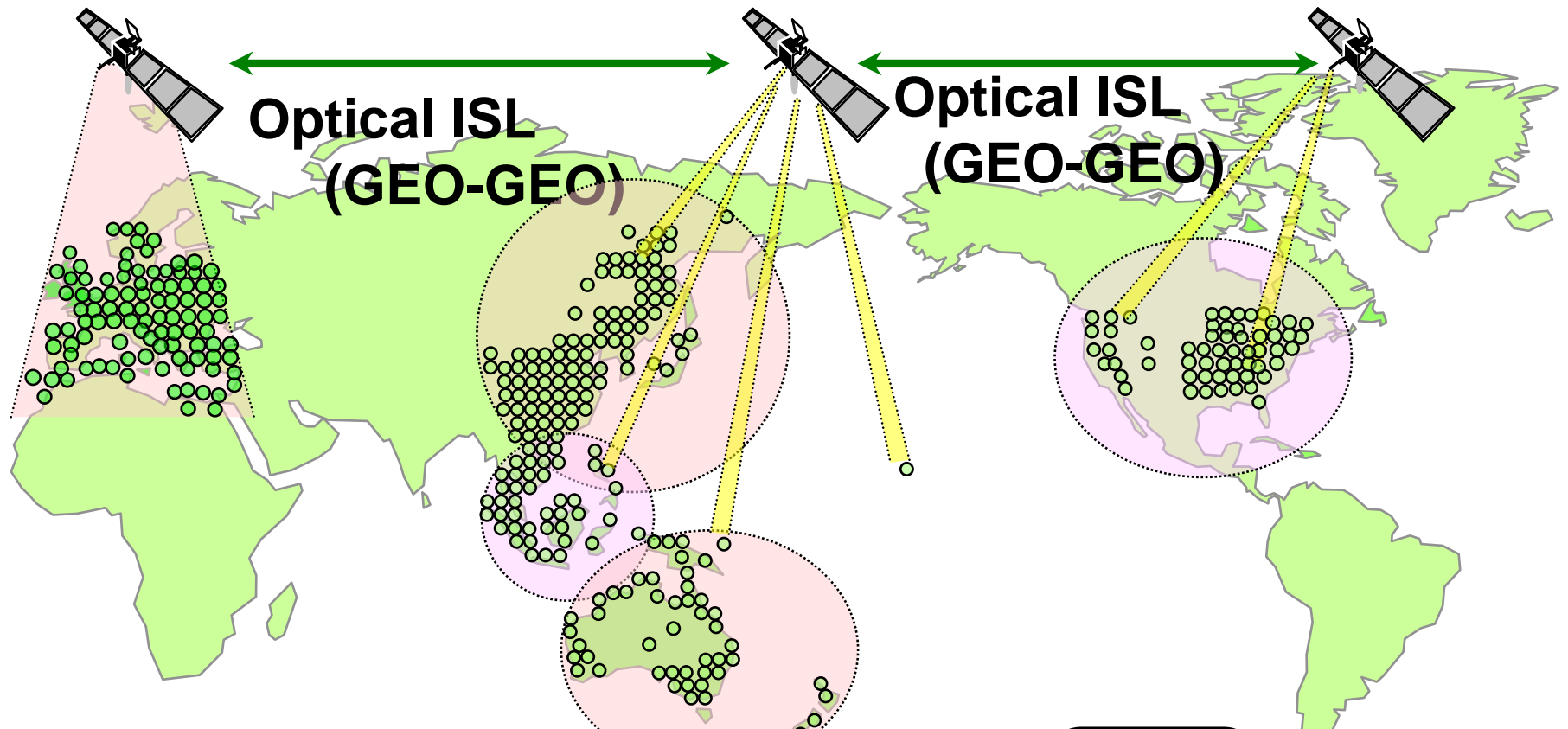
Orbcomm Data Terminal (~1996)

Hand Held



Iridium

超高速衛星通信—応用イメージ—



通信システムの基本概念

通信システム設計上の配慮事項

宇宙機利用目的

通信放送分野

- 広域性
- 同報性
- 耐災害性

地球観測分野

- グローバルな情報収集

環境利用分野

- スペースライフ
- 新材料開拓

情報量
運用形態

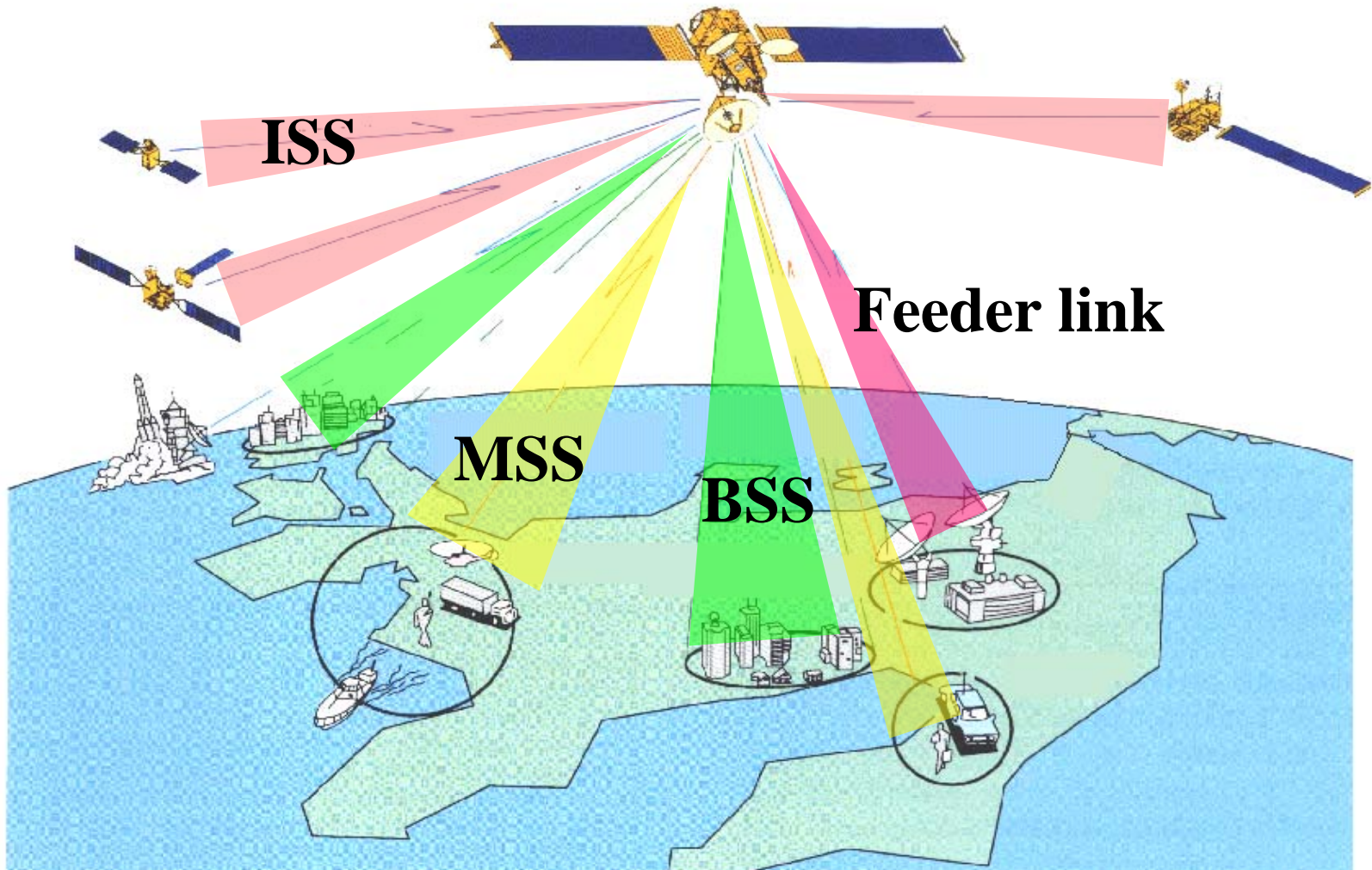
通信要求

通信システム
の構築

- 軌道／姿勢
- 法規制／各種周波数共用基準
- 既存地上設備との整合性

通信システムの基本概念

通信ミッション構想例



通信システムの基本概念

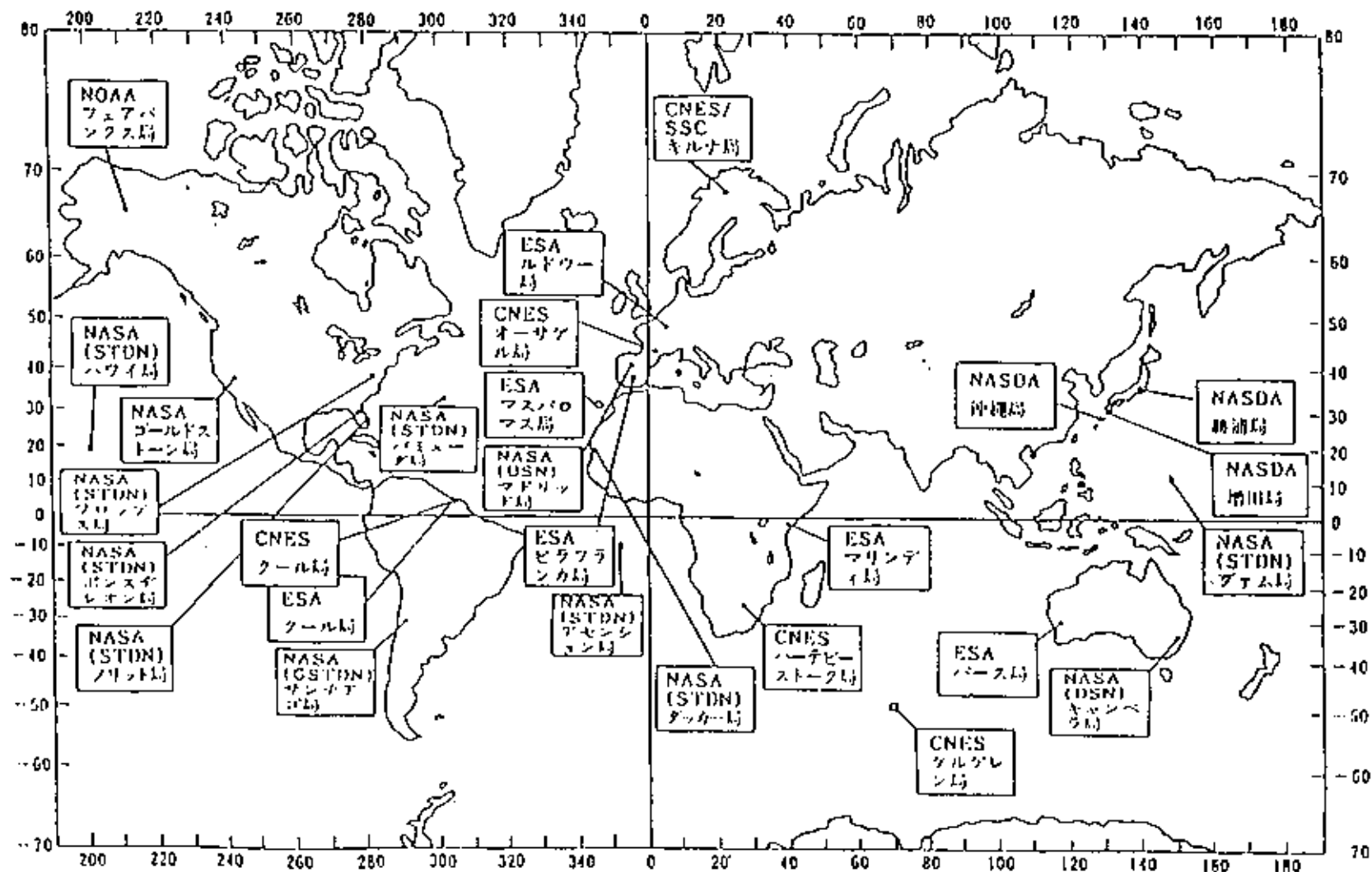
現状宇宙機計画の通信システム

区分	現状計画	追跡管制		実験観測データ		特記事項
		直接通信	衛星間通信	直接通信	衛星間通信	
地球観測	ADEOS-2	USB	SSA	X 帯 DCS (UHF 帯)	KSA	
	ALOS	USB	SSA	X 帯	KSA	
	後継機 (ATMOS 等)	USB	SSA	?	?	
小型実験衛星	OICETS	USB	SSA	HSB	光	光通信実験
	MDS-1	USB	—	USB	—	
	MDS-2	USB	—	HSB	—	光通信実験
静止通信実験	DRTS	USB Ka 帯	—	Ka 帯 (ファイバリンク)	(SSA/KSA サホート)	衛星間通信のインフラ側衛星 2局レンジング使用
	ETS-8	USB Ka 帯	—	S 帯 (ユーザリンク) Ka 帯 (ファイバリンク)	—	移動体通信実験
	構想 (GIGABIT 他)	?, Ka 帯	—	Ka 帯 (ユーザリンク)	光	高速通信実験 光通信実験
有人システム	JEM ICS	—	バックアップ: KSA	—	KSA	
	構想: 光衛星間通信	—	—	—	光	光通信実験
輸送機	H-2	S 帯 C 帯レーダ	—	—	—	ロケット追跡管制使用
	HTV	USB	SSA	—	—	ISS との通信含む
	HOPE-X	USB	SSA	—	—	ISS との通信含む
月 / 惑星探査	SELENE	USB X 帯	—	X 帯	—	リレー衛星経由通信含む

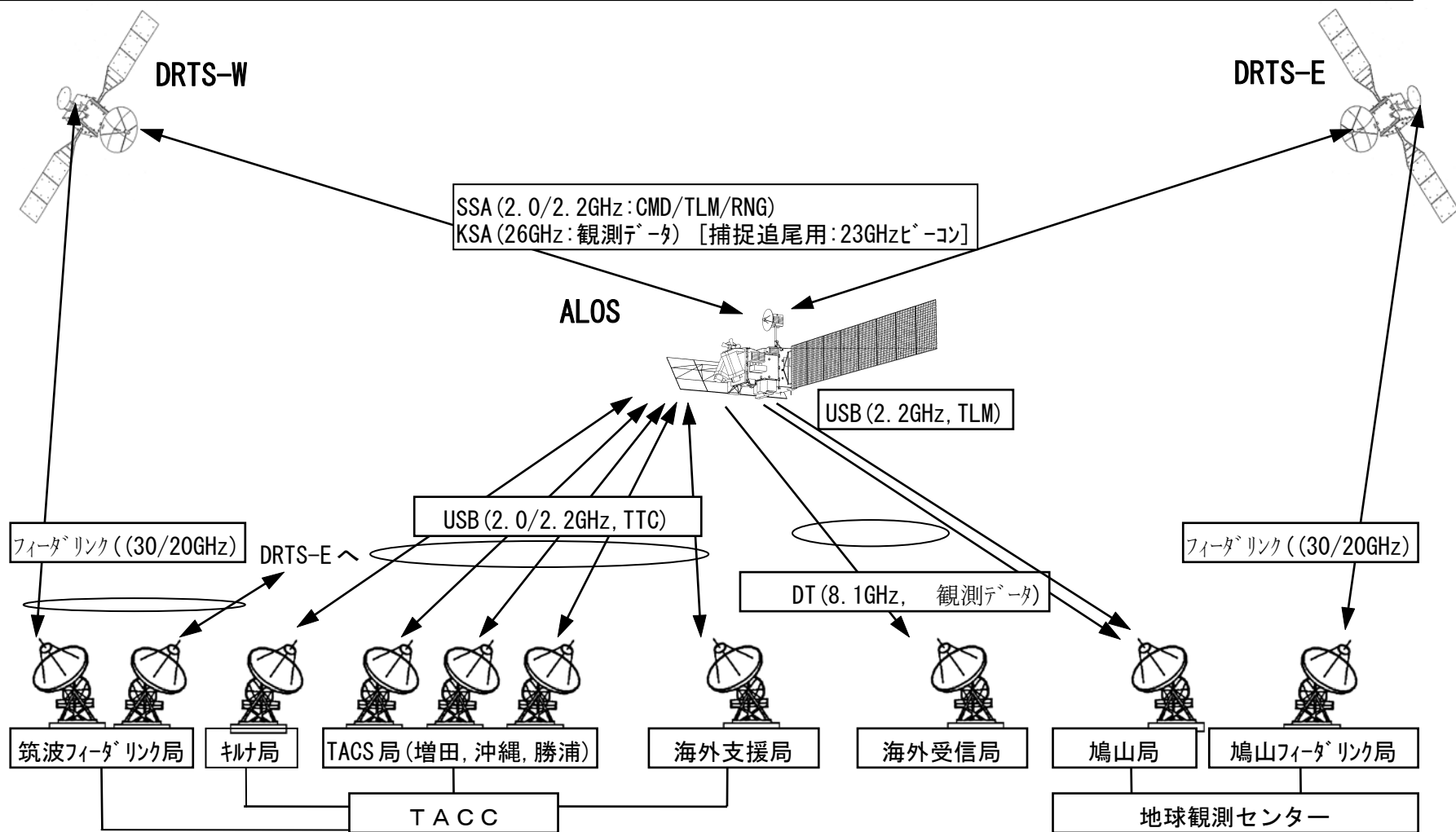
世界の主要追跡管制局の配置図

(平成元年4月1日現在)

〈米州〉 NASA・DSN : 3局 NOAA : 1局 NASA・STDN : 9局 〈欧州〉 CNES : 5局 ESA : 6局 〈日本〉 NASDA : 3局



通信システムの基本概念 回線構成例



通信システムの基本概念

回線諸元例

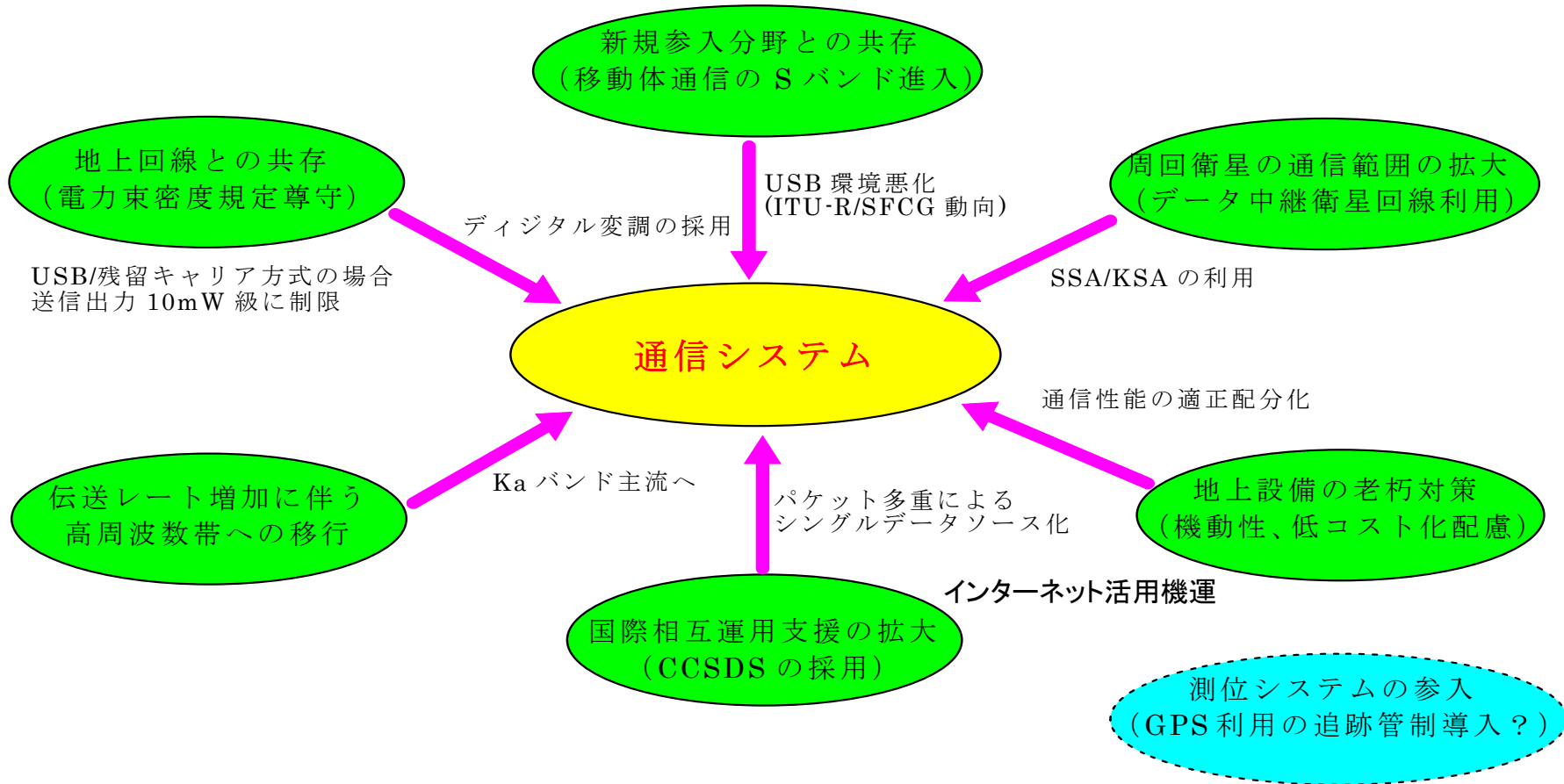
回線		周波数	帯域幅	アンテナ	偏波	伝送データ	変調形式	データレート	ヘースバンド付帯事項	BER
ALOS⇔TACS	USBアップ	2044.25MHz	1.1MHz	オムニ	RHC	CMD RNG	PCM/PSK-PM トーン/PM	1kbps 500kHz	変調度:0.4rad±10% ,サブキャリア周波数:16kHz 変調度:0.56rad±10%	1×10^{-6}
	USBダウン	2220.0MHz	3MHz	成形ビーム	RHC	実時間テレメトリ+ 再生テレメトリ レンジング	PCM/PSK-PM トーン/PM	32.8kbps (40ksps) 500kHz	変調度:1.1rad±10% ,サブキャリア周波数:262kHz 変調度:0.56rad(ノミナル)	2×10^{-3}
ALOS⇔DRTS ARTEMIS	SSAフォワード	2044.25MHz	6MHz	オムニ	RHC	I:CMD Q:(レンジ)	UQPSK I/Q=10:1	125bps	I:スベクトラム拡散(3Mcps) Q:ロングコードのレンジチャンネル(3Mcps)	1×10^{-6}
				ハイゲイン	RHC			1kbps		
	SSAリターン	2220.0MHz	6MHz	オムニ	RHC	実時間テレメトリ+ 再生テレメトリ	SG A, mode1/2 SQPN, I/Q=1:1	I+Q= 840bps (1ksps)	CCSDSパケットデータ リットソロン符号(255, 223), インタリーブ:深さ5, ランダムイザ I/Q共に畳み込み符号(R=1/2, K=7)並びに PNコード(3Mcps)でスベクトラム拡散	1×10^{-4}
ハイゲイン	RHC	I+Q=32.8kbps (40ksps)								
ALOS←DRTS ARTEMIS	Kaフォワード ビームコン	23.540GHz	N/A	ハイゲイン	LHC	ビームコン	無変調	N/A	—————	N/A
ALOS→DRTS ARTEMIS*	KSAリターン	26.100GHz	278MHz	ハイゲイン	LHC	実時間or再生 ミッションデータ	QPSK, I/Q=1:1	I+Q= 240Mbps (277.52Msps)	CCSDSパケットデータ リットソロン符号(255, 223), インタリーブ:深さ5, ランダムイザ	5×10^{-4}
ALOS→EOC	Xバンド	8105MHz	144MHz	成形ビーム	RHC	実時間or再生 ミッションデータ	QPSK, I/Q=1:1	120Mbps×1波 (138.76Msps)	CCSDSパケットデータ, ビット分離 リットソロン符号(255, 223), インタリーブ:深さ5, ランダムイザ	5×10^{-4}

注) ARTEMISとのKSAリターンリンクはI+Q=120Mbps(138.76Msps)

BER要求はリットソロン復号前の通信回線上の要求値

通信システムの基本概念

外部環境の変化



通信システムの基本概念

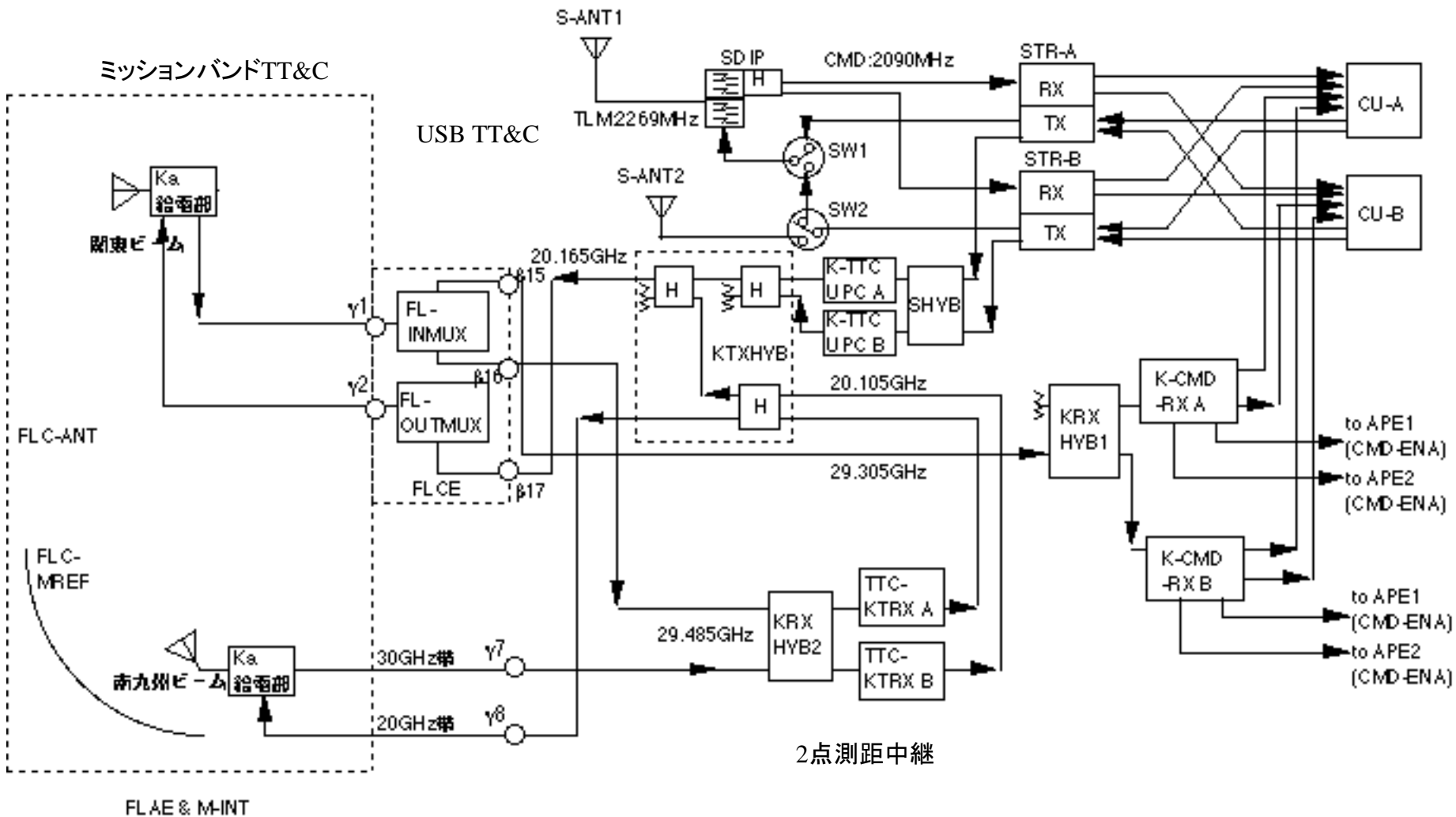
宇宙機通信システムの特徴

バス TT&C系(トラッキング、テレメトリ&コマンド系)

- ・地上から制御できる唯一の手段(確実性最重視)
- ・姿勢系異常を考慮し、全指向性アンテナで通信
- ・コマンド受信機は常用冗長で動作
- ・直接地上局通信からデータ中継衛星利用へ移行段階
- ・ベースバンドはデータバス方式からCCSDSパケット通信に移行段階

ミッション通信系

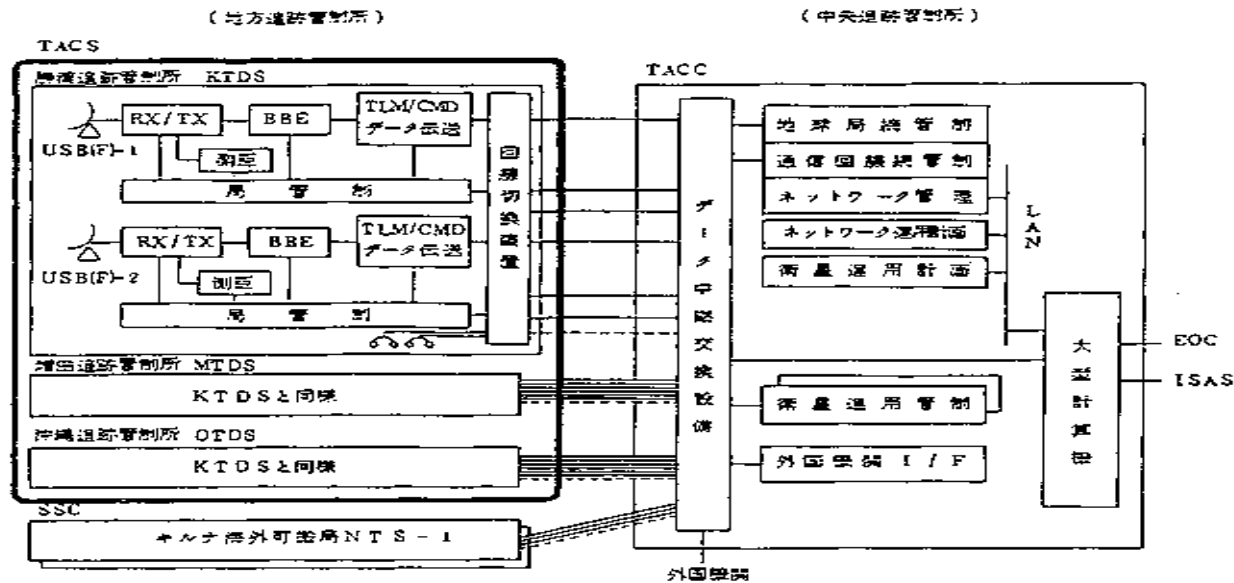
- ・極限まで性能向上し、ユーザ負担軽減を図る
- ・通信放送分野では、マルチメディア対応として急速な発展の兆し
(広帯域通信として、Ka帯/ミリ波/光通信へ)
- ・観測衛星分野では、高分解能要求から画像圧縮／高速通信が要求



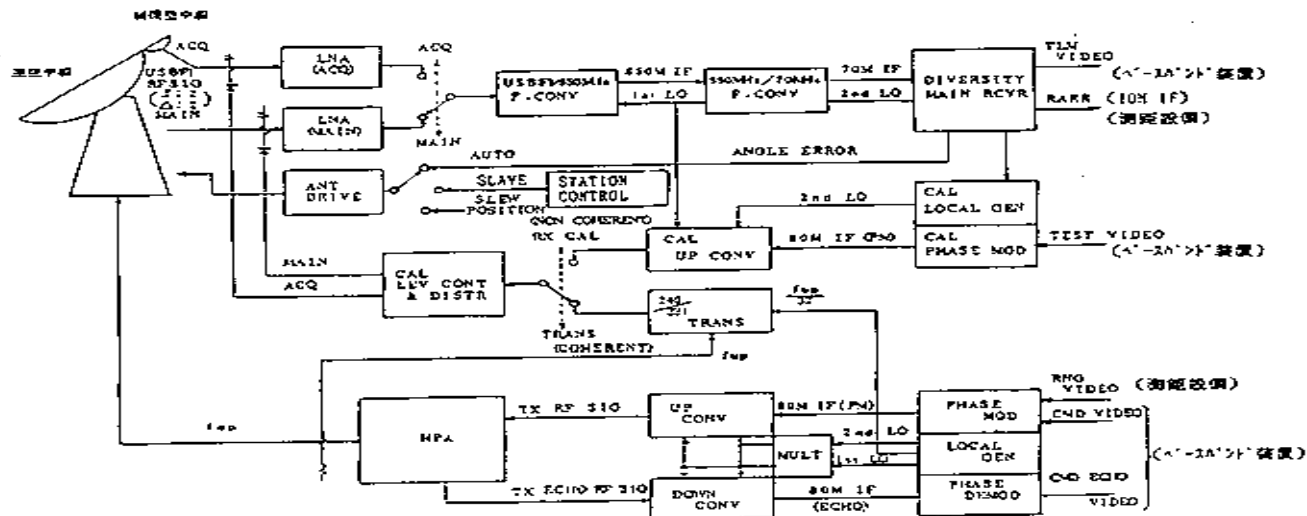
TT&C構成例 (COMETSの例)

ミッションバンドTT&CのCMD受信はKu帯以下はダウンコンバートでUSBと共用
Ka帯以上は専用受信機

TLM送信はアップコンバート方式
(DRTSではUSB/SSA干渉回避の一貫でKa TLM送信機搭載)



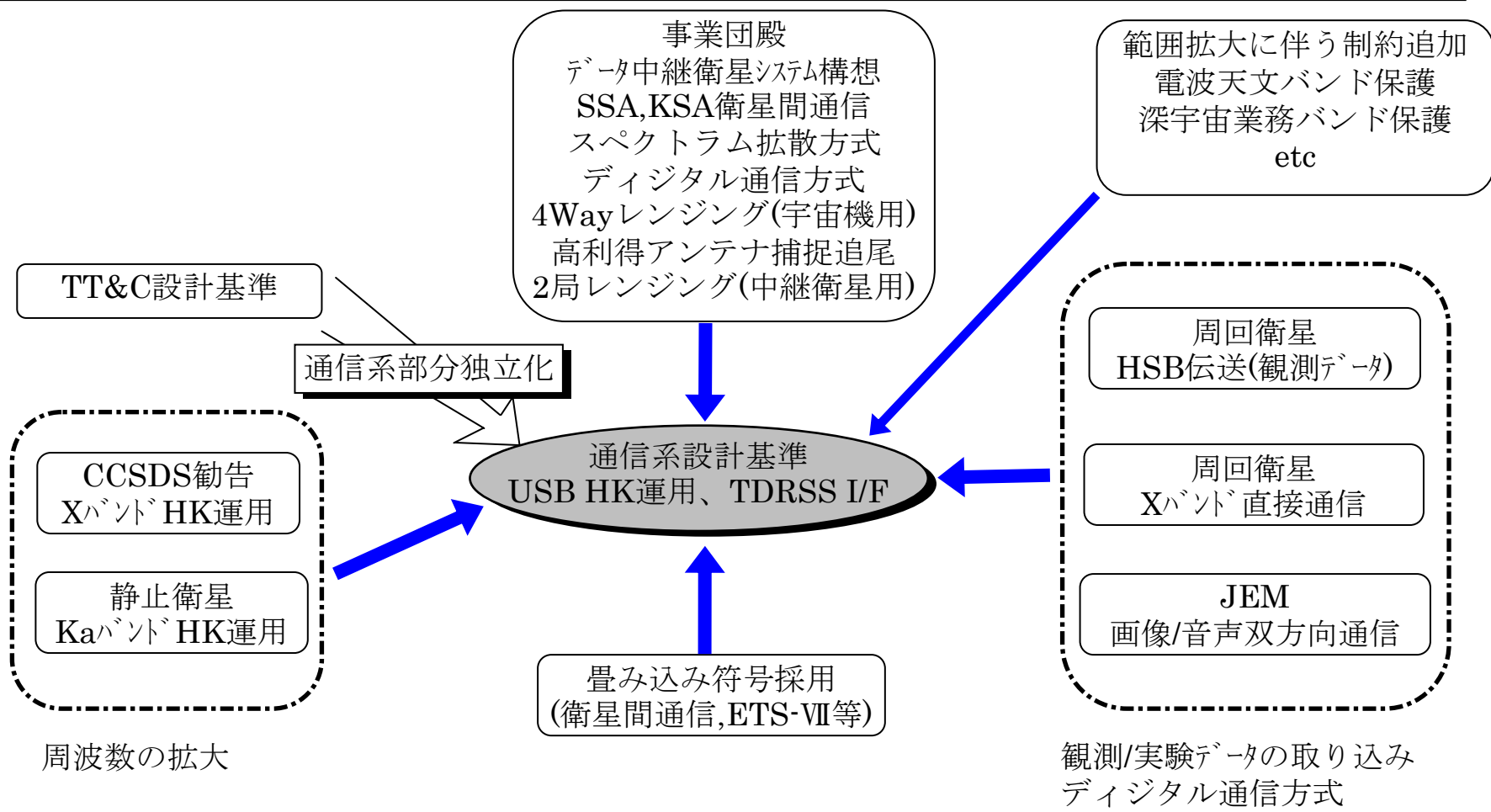
人工衛星追跡管制システム



USB(F) RFシステムブロック図 (注) USB(F)-2系は機体追跡管制所なし

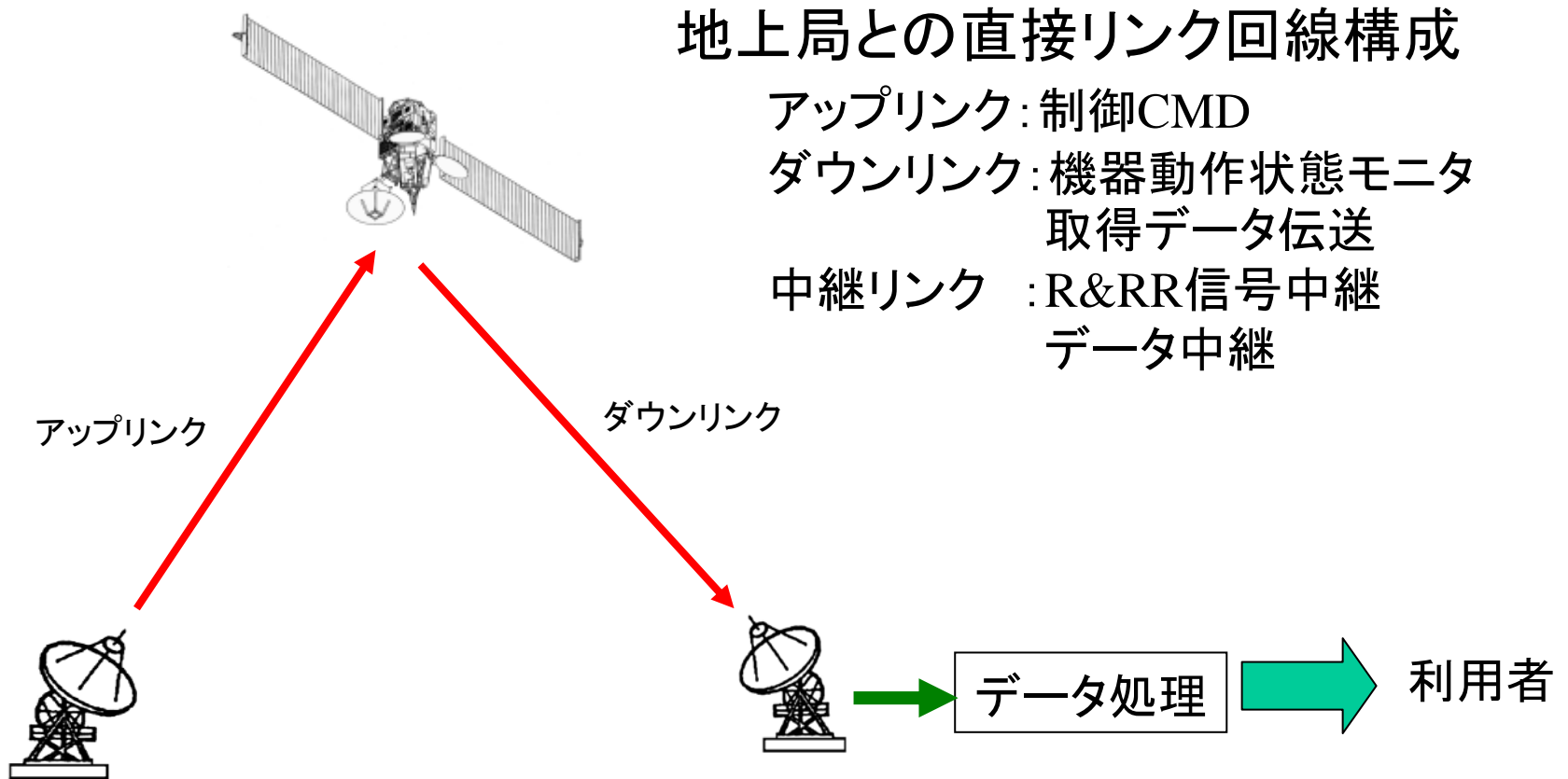
図 1-4 追跡管制局ブロック図

通信システムの基本概念 設計基準化の動向



通信システムの基本概念

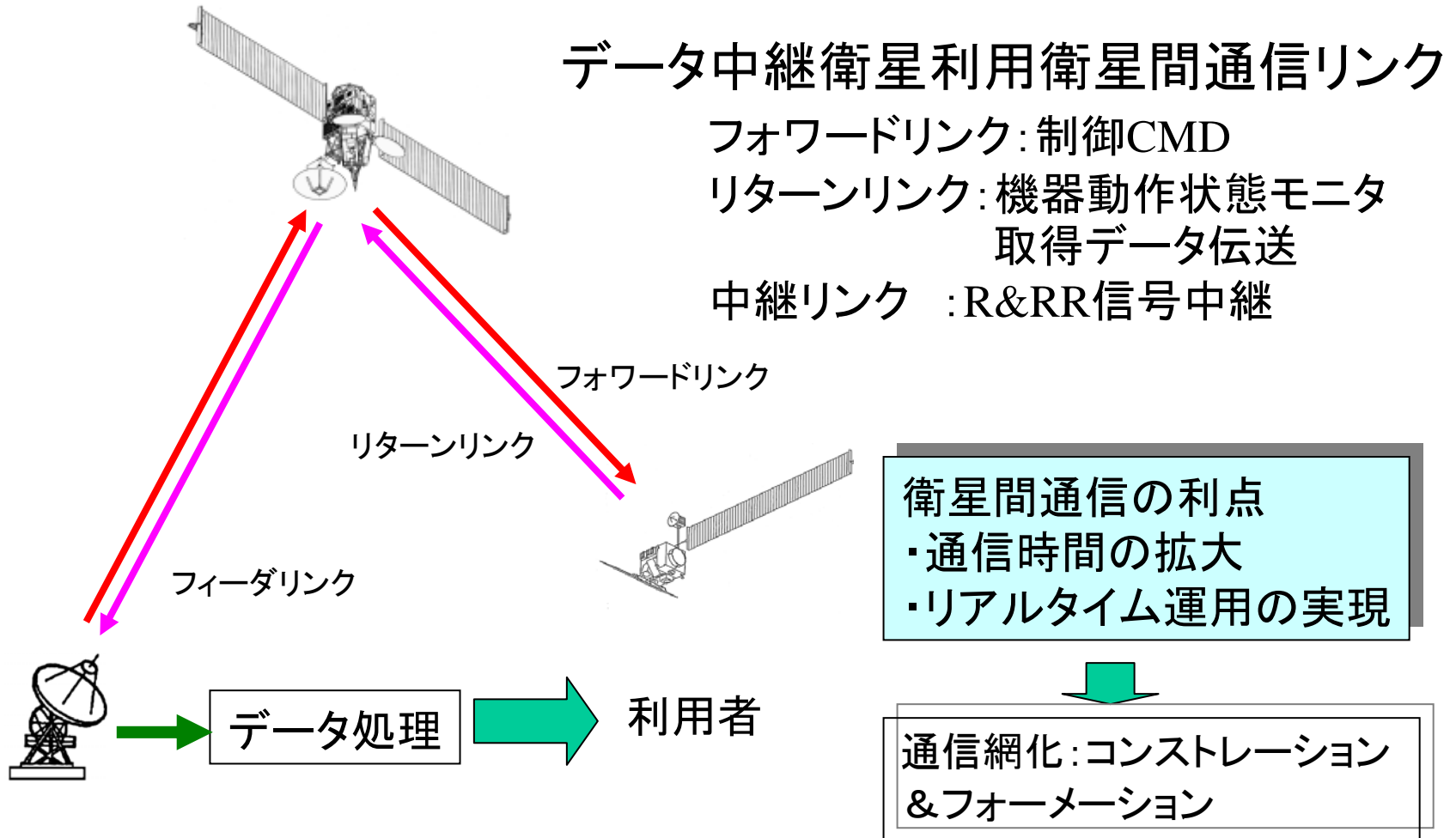
宇宙機システムの回線構成



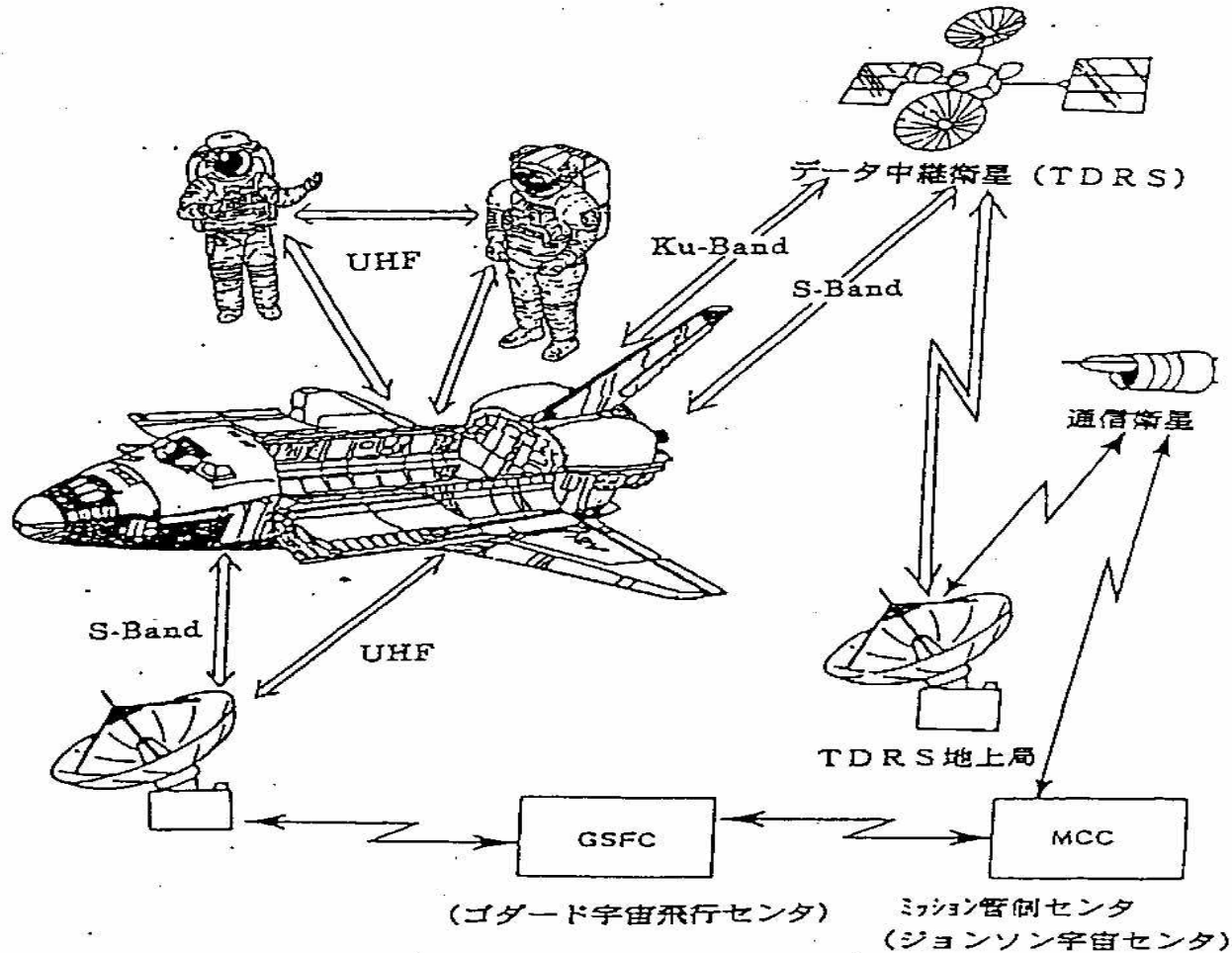
通信放送等で主局との基幹リンクをフィーダリンクと称す

通信システムの基本概念

宇宙機システムの回線構成



スペースシャトルの通信システム



シャトルとのデータ伝送システムの概要

通信システムの基本概念

宇宙機高度と通信への影響

	伝搬距離	遅延時間	通信時間
静止軌道	長い:40000km	大:0.25秒/往復	長い
地球周回	短い:~数1000km	小:数10m秒/往復	短い

	カバレッジ	地上との相対位置	軌道ダイナミクス
静止軌道	大	ほぼ固定	小
地球周回	小	大幅に変化	大

	宇宙機運用	軌道決定
静止軌道	リアルタイム基本	2局測距等
地球周回	記録再生運用不可欠	GPSR,2Way/4Way R&RR

通信システムの基本概念

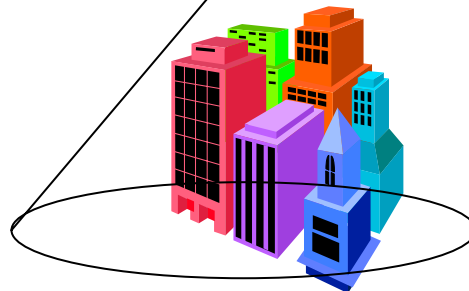
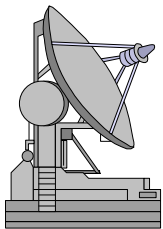
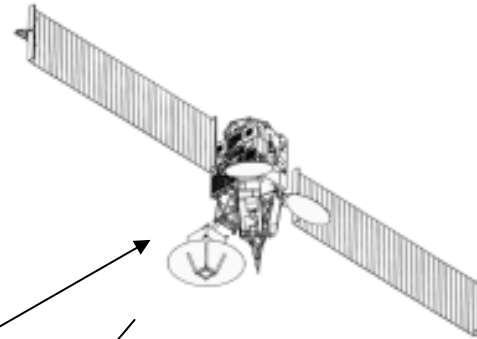
通信カバレッジ

通信要求との整合性

- ・通信性能とビーム幅の関係
- ・パターン合成による不感帯の発生
- ・ビーム切替時のクロス利得

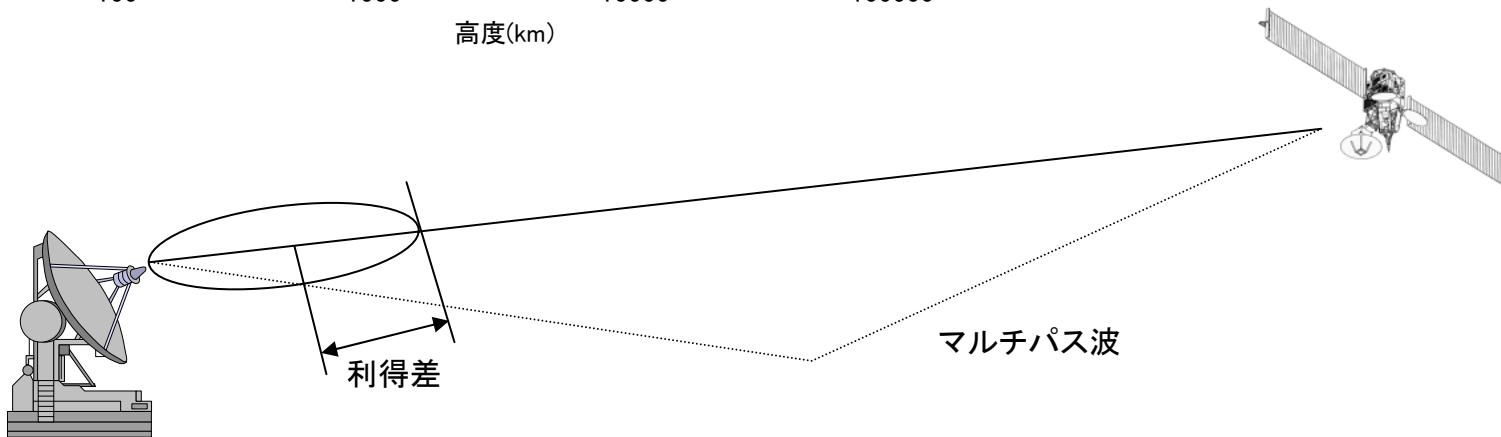
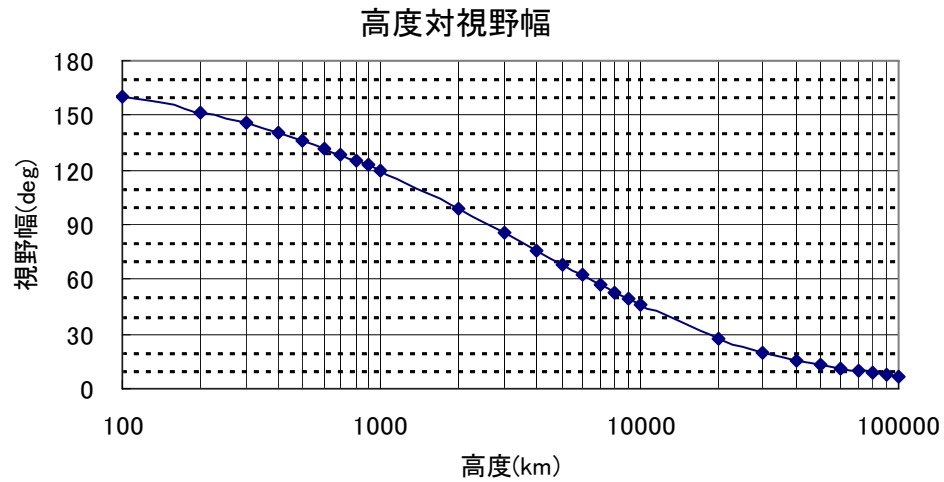
電波伝搬上の制約

- ・高度による可視範囲の制約
- ・姿勢による通信方向の変化
- ・障害物による見通し外の発生
- ・マルチパス波によるレベル変動

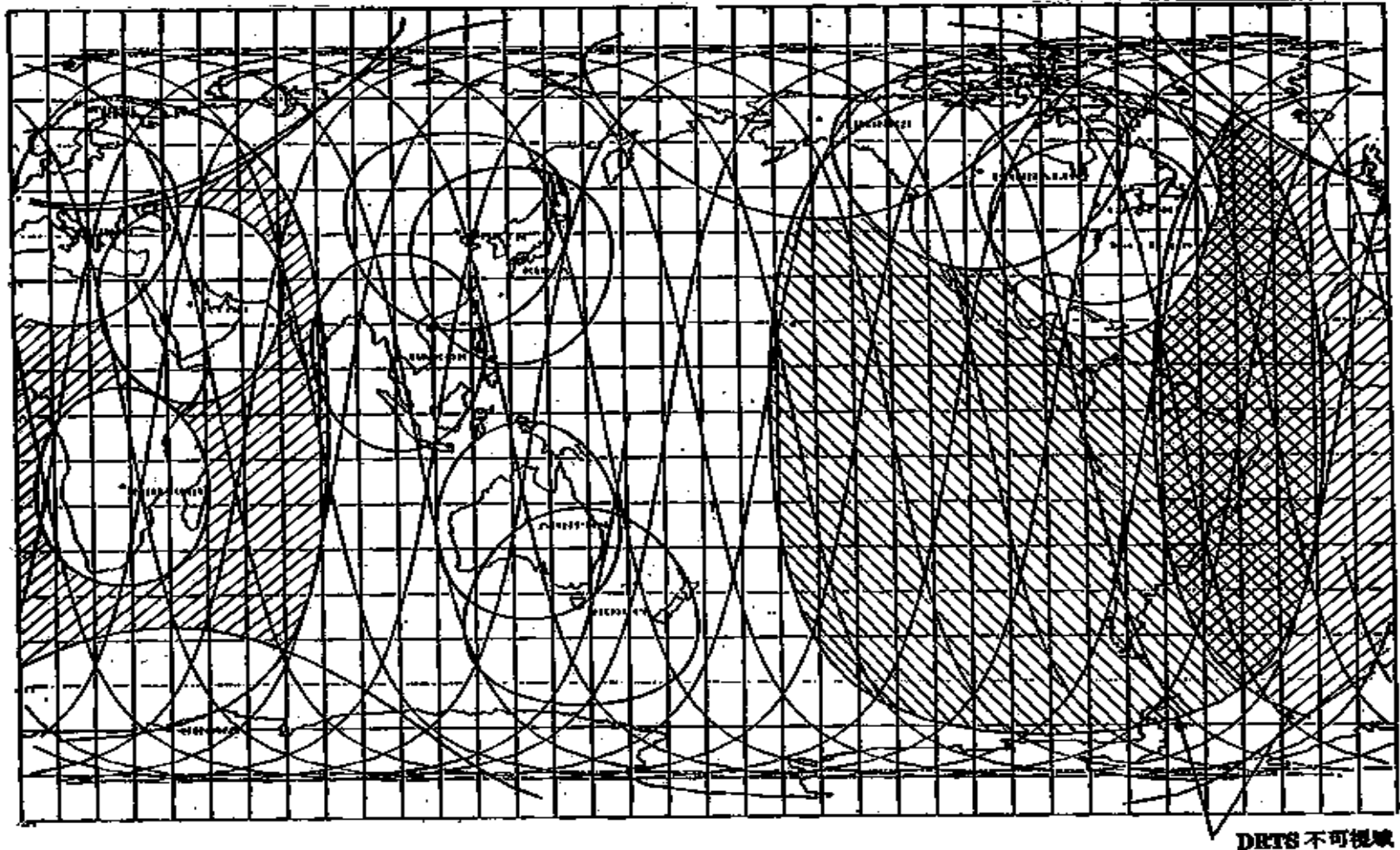


通信システムの基本概念

通信カバレッジ



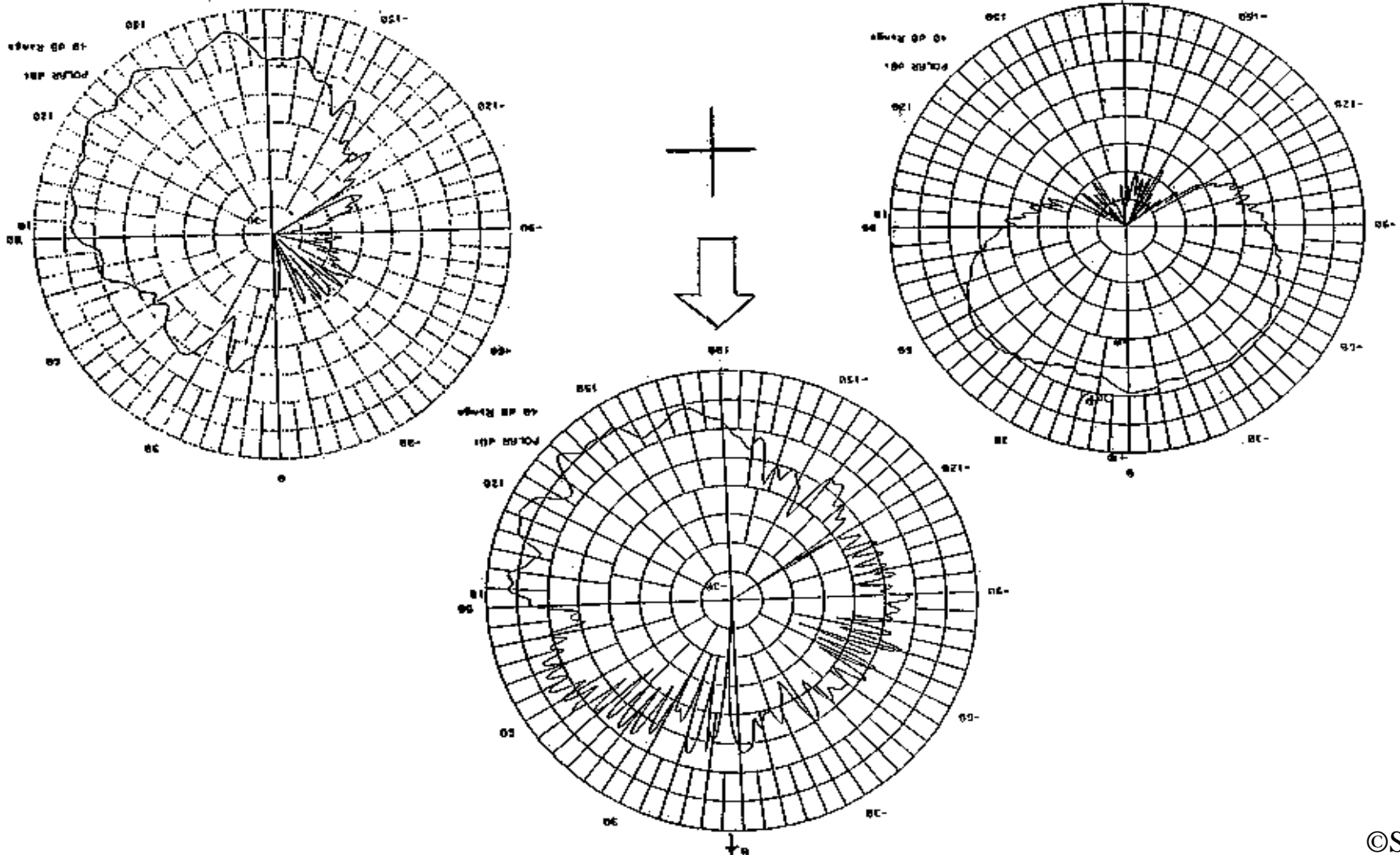
通信システムの基本概念 通信カバレッジ例(地球周回軌道)



DRTS 不可視域

通信システムの基本概念

合成パターン例



通信システムの基本概念

通信媒体・搬送波周波数の選定

搬送波周波数選定条件

- ・スペクトラム帯域と伝送チャンネル数による必要帯域の確保
複数CH伝送時にはガードバンドを確保
- ・搬送波周波数に比例したドップラシフト/ジャークが発生
低速データ伝送ではドップラ補償が必要
- ・高周波化に伴いスペクトラム純度維持が困難
局発生成部の逡倍による位相雑音増加の抑制

RF環境と周波数選定上の制約

- ・パーソナル通信へのBIG-LEO参入によりRF環境が大幅悪化
固定通信業務との共用化でUSB継続使用が疑問
Kuバンド以下の周波数は新波割当困難(郵政指導)
- ・静止/周回衛星システム間干渉評価基準の見直し制定(WRC-95)
静止衛星システム保護(周回側運用制約)から時間率規定へ
- ・周波数共用基準として、スプリアス放射基準の勧告化の動き(SFCG)

表-1 電波の名称とおもな用途

周波数	波長	バンド名称	バンド和名	マイクロ波帯符号	おもな用途	
300 Hz	1,000 km	ELF	長波		電波伝達研究 大気雑音研究	
3 kHz	100 km	ULF				
30 kHz	10 km	VLF				
300 kHz	1 km	LF	100 kHz 中波		航空用ビーコン デッカ(無線航行) 標準電波	
3 MHz	100 m	MF	1.5 MHz 中短波			
30 MHz	10 m	HF	6 MHz 短波			
300 MHz	1 m	VHF	超短波		船舶無線、陸上移動無線、 FM放送、テレビジョン放送 防災行政無線、沿岸無線電話 テレメータ、ポケットベル、 アマチュア無線	
3 GHz	10 cm	UHF	超短波帯 マイクロ波帯		390 MHz Lバンド	気象無線、航空気象レーダー 陸上移動無線 公衆通信、通信衛星 テレビジョン放送 防災行政無線 自動車公衆電話、携帯無線
		SHF			1.5 GHz Sバンド 5.2 GHz Cバンド Xバンド Kuバンド Kaバンド	
30 GHz	1 cm	EHF	ミリ波	36 GHz	各種レーダー 衛星地上通信 各種気象通信 電波天文、宇宙研究 リモートセンシング	
3,000 GHz	100 μm		サブミリ波		(未利用)	

↓ 電波の帯
100MHz 以上

← USB(2.0/2.2GHz)

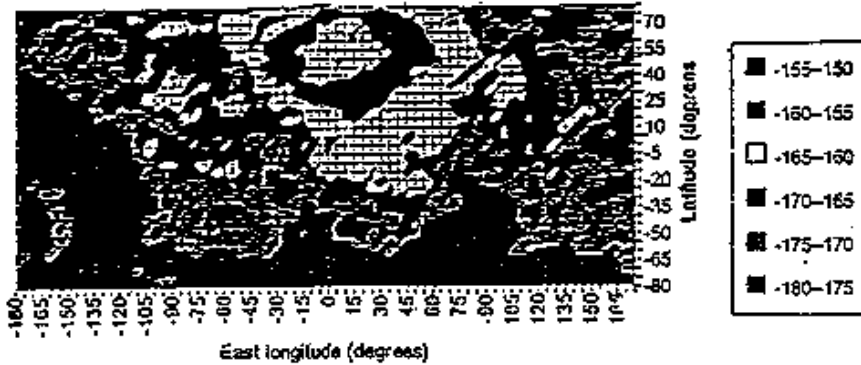
周波数割当は無線通信規則で規定

通信システムの基本概念

Sバンド固定通信からの干渉レベル

Spacecraft altitude = 800 km, FS antenna gain = 33.0 dB

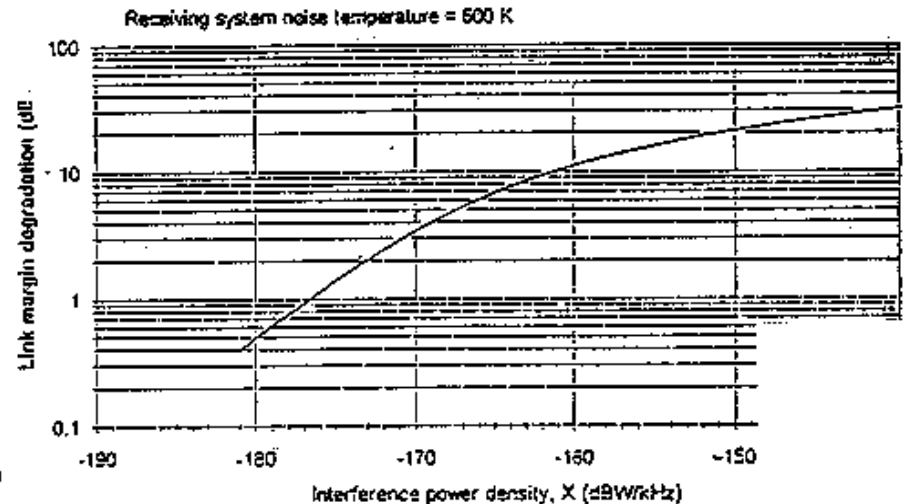
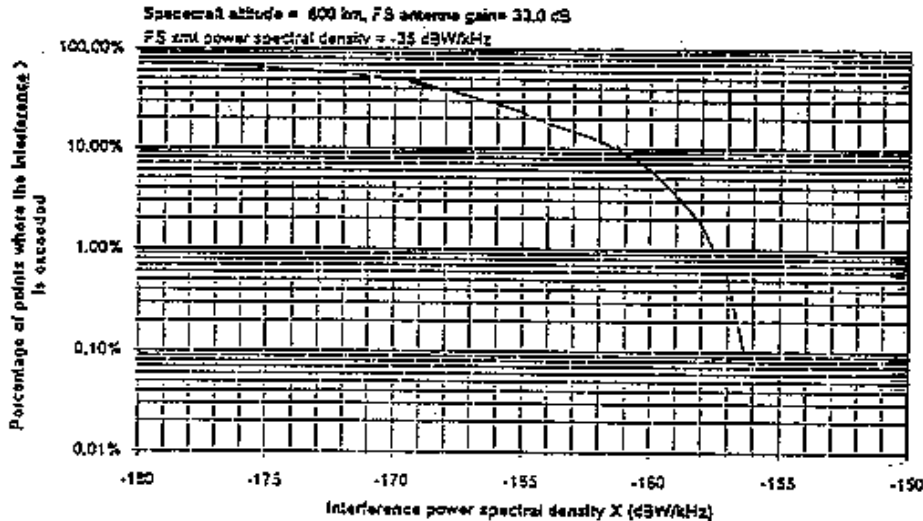
FS xmit power spectral density = -35 dBW/kHz



Maximum interference power density = -155.7 dBW/kHz

干渉時間率: 10%許容で
干渉レベル: -161dBW/kHz
回線マージン約10dB劣化

回線マージン: 3dB劣化許容で
干渉レベル: -171dBW/kHz
干渉時間率: 50%強の影響



通信システムの基本概念

変調方式・符号化方式

現状のTT&C使用変調方式

USB系：残留搬送波位相変調

地上局トラッキングに残留搬送波使用

リアル/再生TLMのFDM伝送はCCSDS方式採用で一本化

RNG信号中継のため、副搬送波使用は不可欠

SSA系：PNコードによるスペクトラム拡散(UQPSK,SQPN)

電力密度低減、干渉低減、ユーザ宇宙機識別にPNコード使用

PNコードによるRARR計測

HSB系：搬送波抑圧位相変調(BPSK)

OICETSで採用。伝送レート的高速化要求に対応(1Mbps)

RARR中継時はUSBモードと切替

符号化方式

アンビギュイティ除去：差動符号化(NRZ-S, NRZ-M)

回線品質向上：畳み込み符号化/ビタビ復号(符号化率=1/2, 拘束長K=7)

誤り訂正の向上：リードソロモン符号化[CCSDS方式(255,223)]

宇宙通信概論/通信機器・参考文献等

- 宇宙システム概論
 - “宇宙システム概論-衛星の設計と開発” 培風館 茂原正道著
 - “アメリカの小型衛星開発の動向” 日本ロケット協会 齋藤宏文著
- 衛星通信
 - “ウエーブサミット講座 衛星通信” オーム社 飯田尚志編著
 - “アンテナ工学” 総合電子出版社 遠藤敬二他著
- マネジメント
 - “日本宇宙開発物語” 三田出版会 齋藤成文著
 - “宇宙プロジェクト実践” 日本ロケット協会 栗木恭一著
 - “科学技術者の倫理-その考え方と事例” 丸善 日本技術士会記
編”
- 機器設計関連...後述

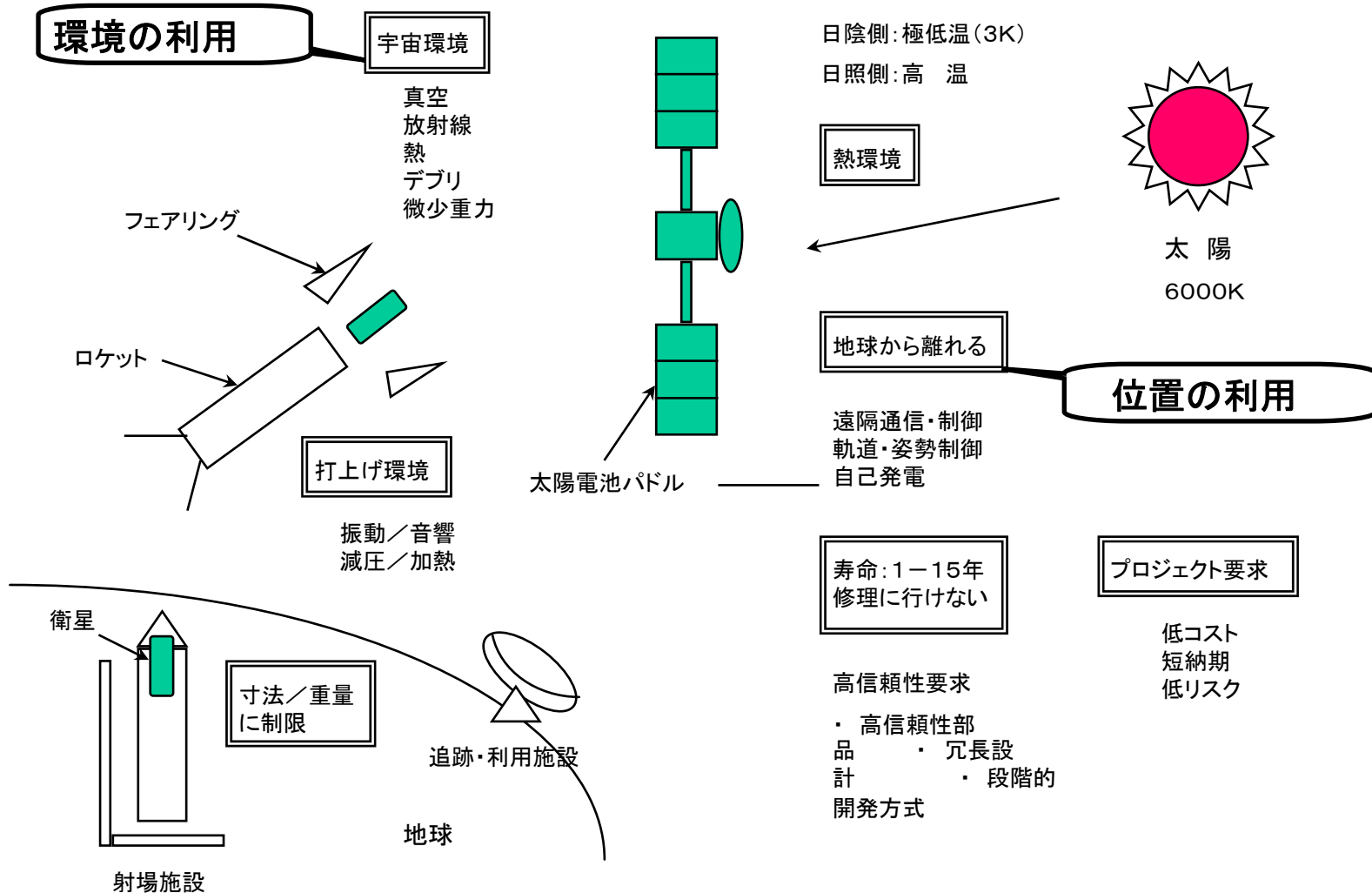
宇宙技術者の心得

—宇宙開発の特徴に対峙?—

- 極めて高度の信頼性、品質を要求
 - 効率化・原価低減の限界誤認は手抜きに至る
 - 特別点検は特効薬にあらず
- 大規模・複雑なシステム
 - 宇宙を侮ってはいけない
 - 開発(設計・製造...)の透明性が結果を生む
 - 現場主義に回帰...現場の尊重と改善
 - 生きたデータでのIT(情報技術)化
- 長期プロジェクト、打上げ時期厳守
 - 安易な計画変更は悪循環

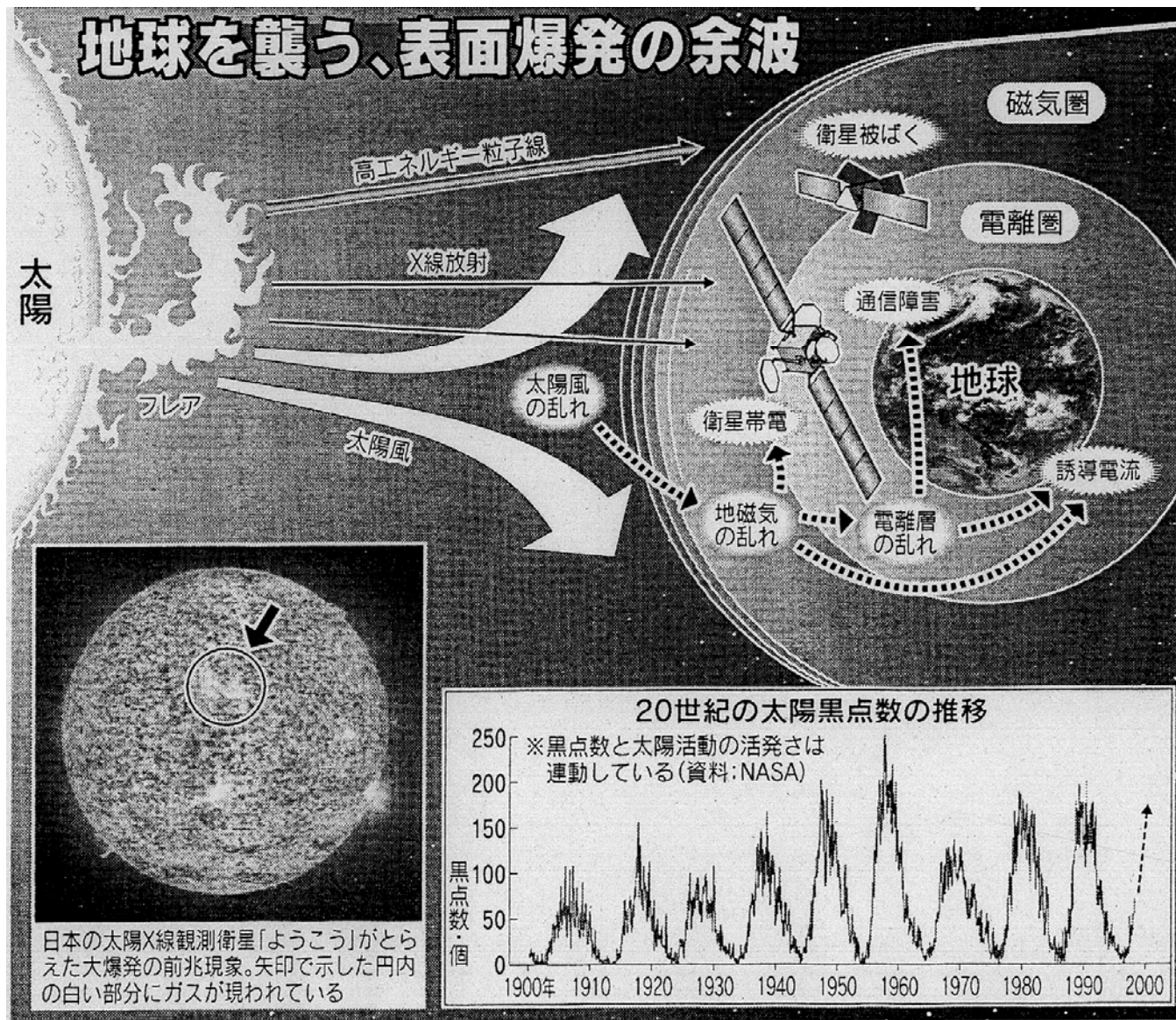
宇宙システムの特徴

< 宇宙は侮れない >



太陽の2000年問題：太陽活動極大期の影響

1999-6-6 日本経済新聞(朝)



宇宙開発と電磁波

宇宙の理解や利用を進めていくための基本的な知識として
<電磁波を理解>することが必要でしょう。

全ての物質の特定は電磁波によって可能であること、太陽からの強烈な電磁波、宇宙空間での通信媒体としての電磁波等々、電磁波を理解することなしに宇宙への挑戦は叶わずと言って過言ではないと思います。

特に通信は、宇宙機システムの“臍の緒”もしくは“命綱”です。

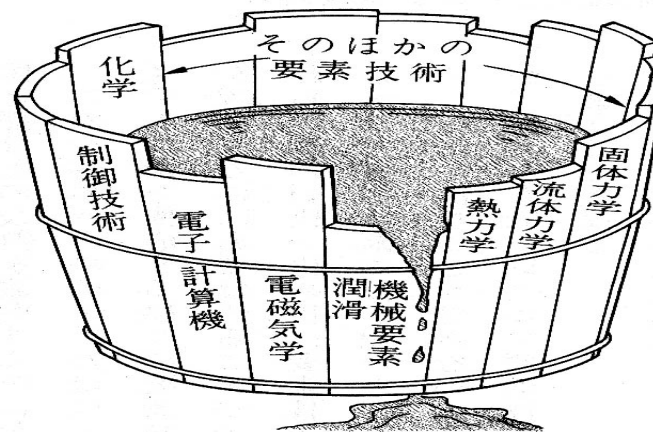
宇宙技術者の心得

ーシステム技術と要素技術、そして判断カー

・ システム技術力＝人の能力、行動力および数

< 高める方法：人の信頼度を増す >

・ 要素技術を万遍なく向上



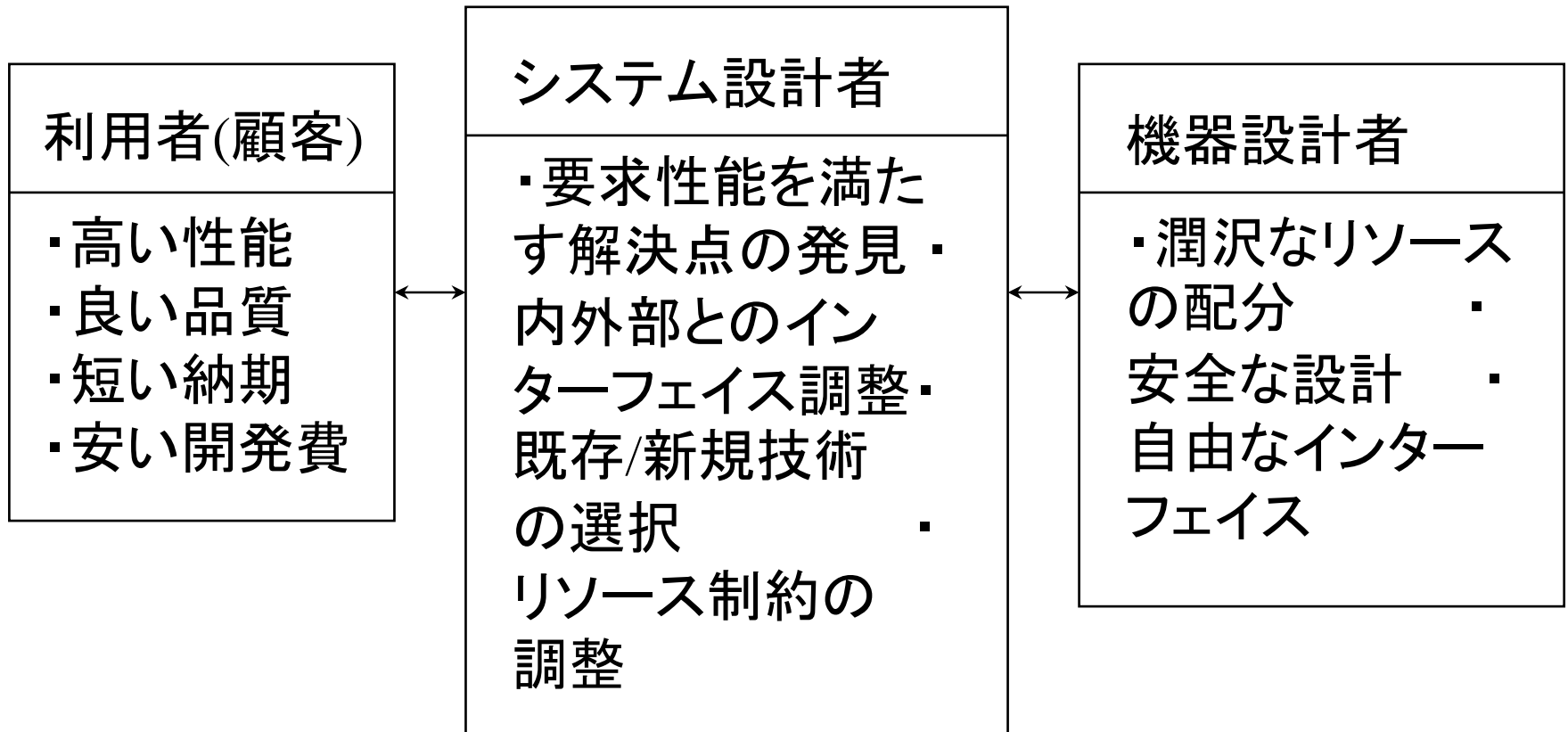
ドネベックの樽

・ 判断の確信レベル

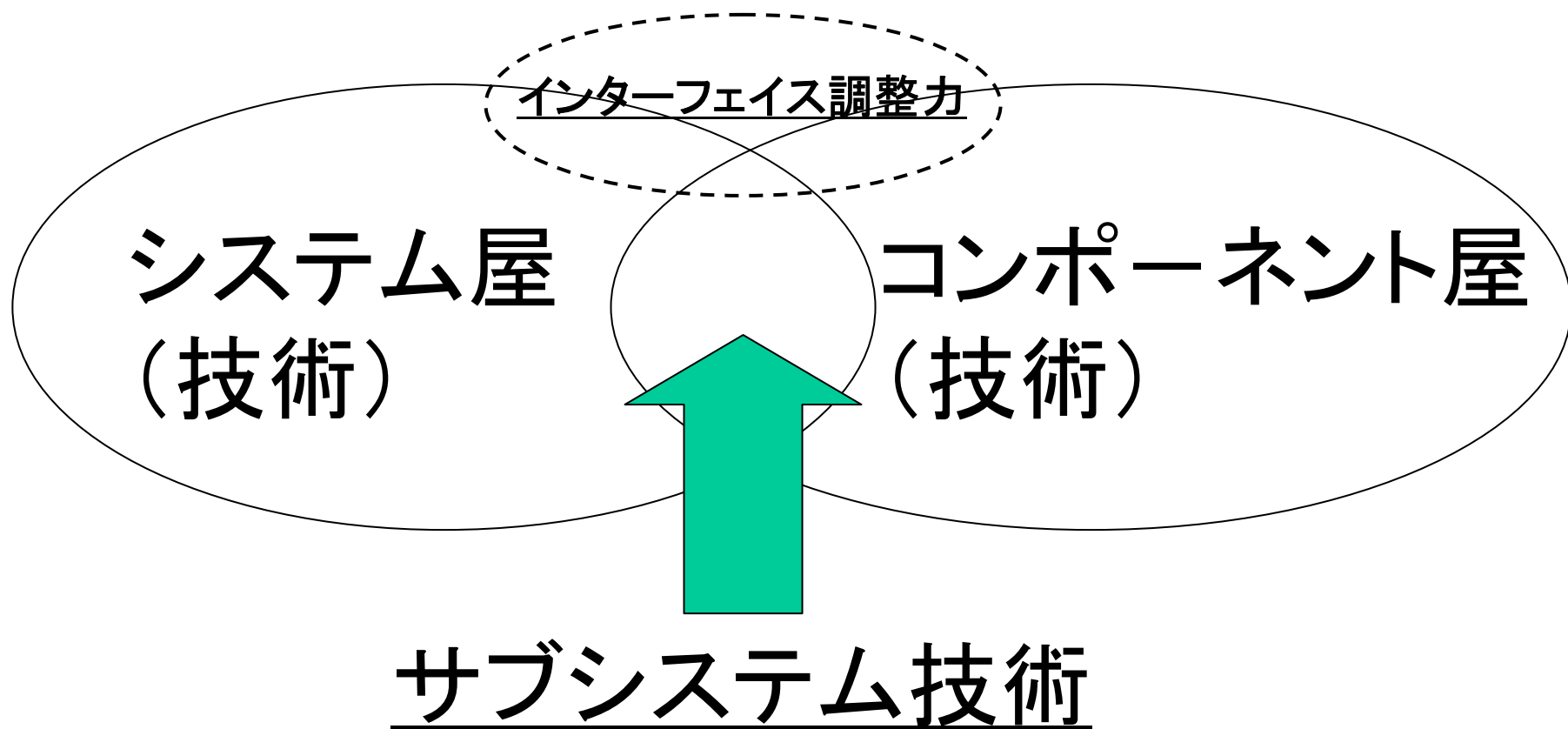
< 経験・勘も重要に >

宇宙技術者の心得

—システム設計者の役割—

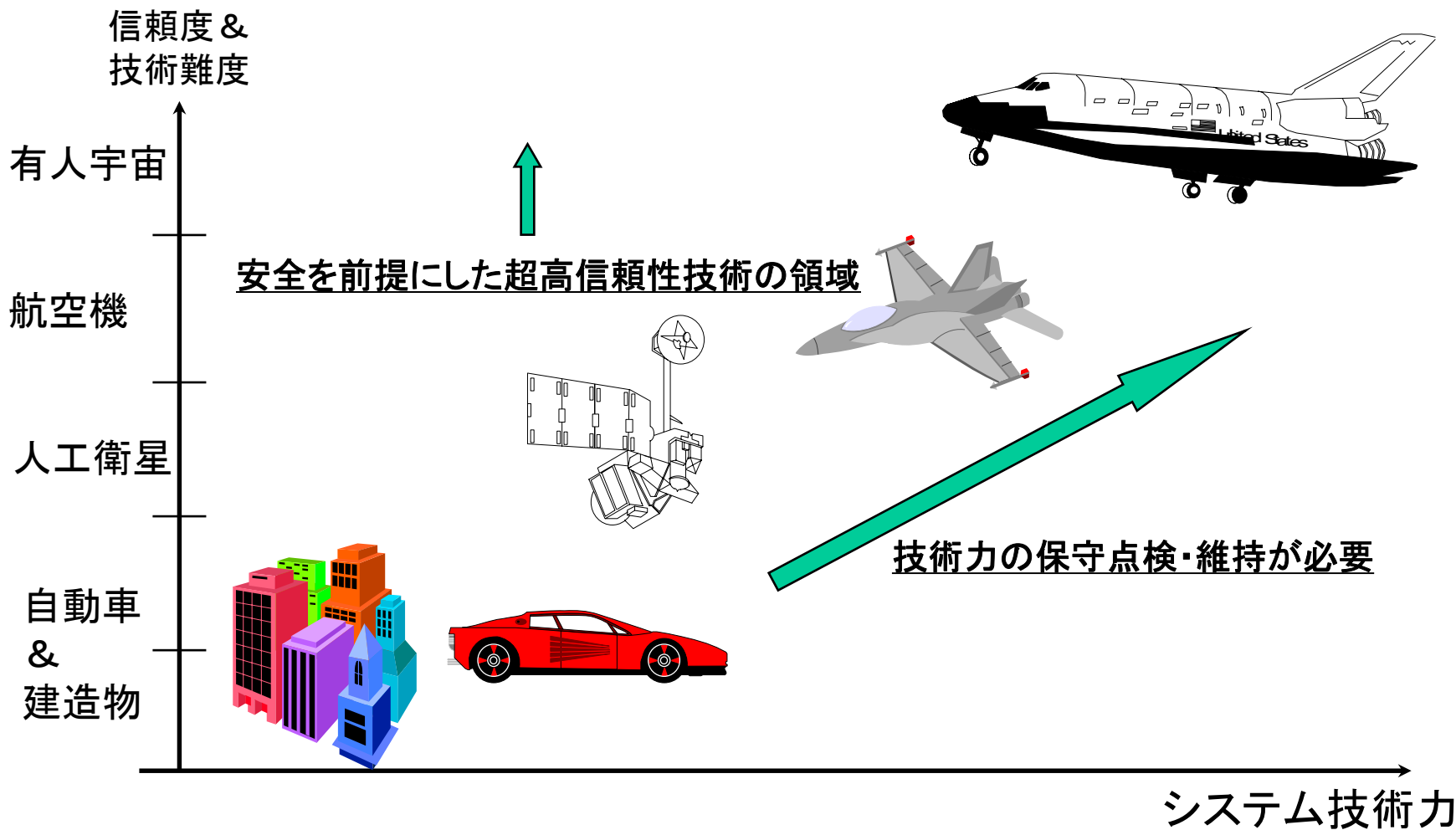


束ねる：システム屋（技術）と コンポーネント屋（技術）



宇宙技術者の心得

— 一桁も二桁も高い信頼度の達成 —



宇宙技術者の心得

－ 技術の伝承 －

- 技術（形式知）と技能（暗黙知）は両輪
- 技術：データベース化やマニュアル化知識
 - － 組織や体制の中で発展・増殖させることが重要
- 技能：熟練者のノウハウ
 - － 五感通じた知識
 - － ノウハウを如何に言語化・数値化・図表化するか
- 枯れた技術とヒラメキ、教訓と責任意識

プロジェクト成功のカギ

- プロジェクト成功のカギ
 - 重要性の認識
 - 哲学を持つ
 - インタフェイスの捌き
 - 蓄積・経験の継続的活用
 - 国際的感覚
 - 情熱・愛着

- 具体的施策例
 - PR／オリエンテーション
 - 見えるマネジメント
 - 立ち上げの迅速化
 - キーパーソンの確保
 - Face to Face
 - 経験・勘所の発揮
 - CAD／CALS導入
 - P-D-S-Tの実践
 - リスクプラン

技術者のしつけ & 倫理

1. ”しつけ”の発端は、過去の生々しい体験(特に失敗経験)から、後日同じ失敗を繰り返さないように、他山の石としてのものです。

- ・自分の技術を過信しないこと
- ・急ぐ仕事ほど、最悪のケースを想定したダメ押しが大切
- ・十分な事前調査と準備を怠らないこと(日頃の調査が功を奏する)
- ・当然のことと思っても、確認のダメ押しが大切
- ・仕事は組織で行うことの認識(システムでは個人プレーは禁物)
- ・上位技術者等の指示や指導無く、仕様・設計変更や不具合箇所の修正を行わない
- ・顧客に与える影響や基本設計思想を理解して、改良を考えること
- ・いい加減な話に基づいて仕事を行わないこと

2. 技術者の倫理

- ・(社)日本技術士会訳編「科学技術者の倫理—その考え方と事例」
- ・「だめなものはだめ」...倫理教育が必要

アンケート調査

提出先 : goro-shirako@mui.biglobe.ne.jp

1. 講義への期待レベル:

a) 基礎の理解

b) システム設計必要技術

c) 衛星搭載通信機器概要

d) その他(希望は?)

2. 予備知識の有無、及び学年?

3. 講義への期待/コメント

(何でも結構です)