

1

移動体通信サービスの現状と将来像 —衛星系と陸上系—

三重大学工学部 電気電子工学科
小林 英雄

2000年11月16日

三重大学

2

発表内容

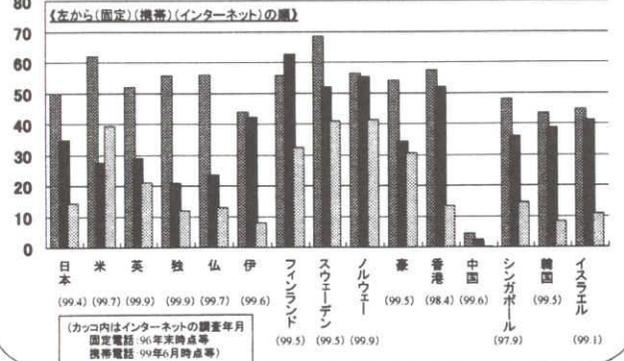
1. マルチメディア時代における移動体通信
2. 衛星系移動体通信システム
現状⇒インマルサットシステム
将来⇒パーソナル衛星通信システム
3. 陸上系移動体通信システム
現状⇒携帯電話・PHS・ポケベル
将来⇒IMT-2000
4. 移動体通信システムの将来動向

三重大学

3

各国の情報メディアの普及率

(国際電気通信統計/Globel Mobile/NUA社資料より)



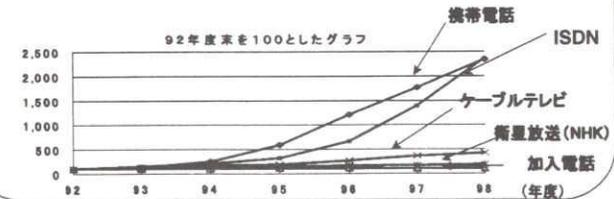
三重大学

4

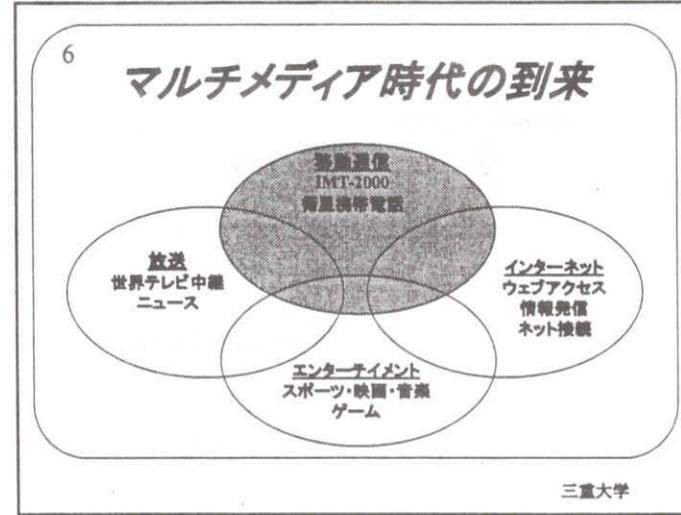
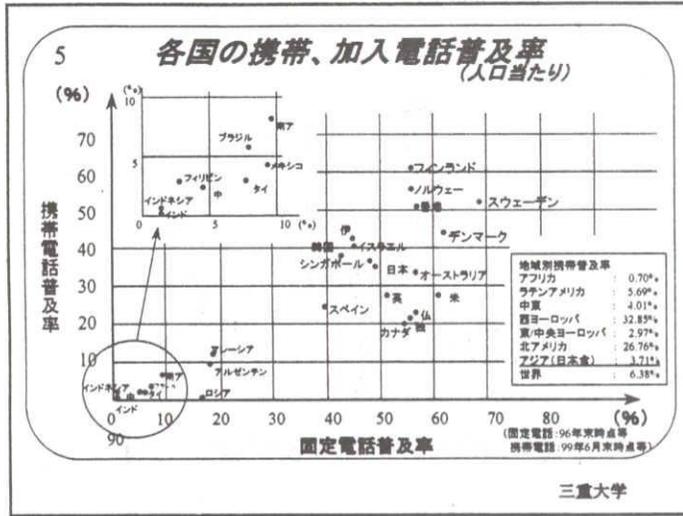
日本における主要情報メディアの 加入者数推移

(単位:千人)

年度	固定電話	加入電話	ISDN 64	ケーブルテレビ (普及率%)	衛星放送 (NHK)
92	1,712	57,800	188	1,870	5,015
93	2,130	58,780	281	2,420	5,863
94	4,331	59,980	402	3,140	6,581
95	10,204	61,042	612	3,640	7,375
96	20,877	61,457	1,253	5,000	8,172
97	31,527	60,380	2,822	6,720	8,796
98	41,530	58,480	4,430	7,940	9,464



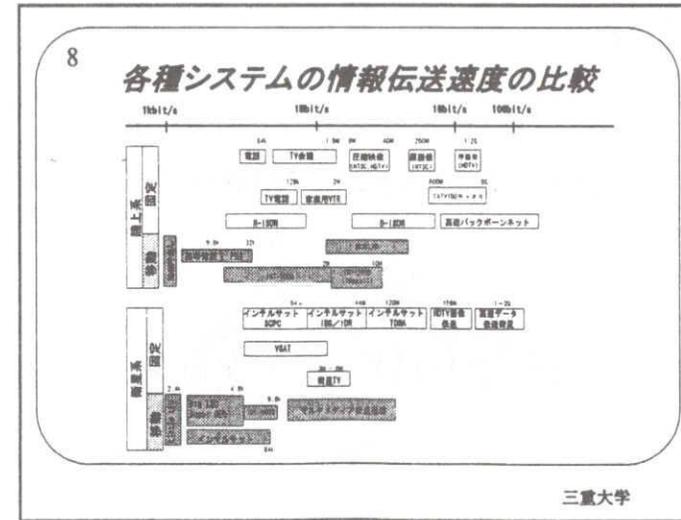
三重大学



7 移動通信の周波数

周波数	30MHz		300MHz		3GHz		30GHz	
長さ	10m		1m		10cm		1cm	
名称	VHF		UHF		SHF		SF	
周波数帯	60MHz	150MHz	250MHz	400MHz	800MHz	1.5GHz	1.9GHz	3-30GHz
代表的システム例	公共無線月間通話 警備無線 消防無線 防災無線 船舶無線 航空無線 航空無線 無線機	公共無線月間通話 警備無線 消防無線 防災無線 船舶無線 航空無線 無線機						

三重大学



9

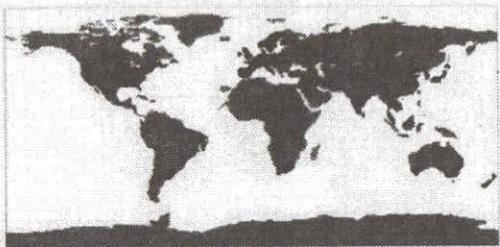
移動体衛星通信システム

- 移動体衛星通信の役割
- 移動体衛星通信の現状と将来動向
- インマルサットシステムの現状
- パーソナル衛星通信の分類
- パーソナル衛星通信の開発動向
 - Little LEO
 - Super GEO
 - Big LEO
 - マルチメディア衛星通信

三重大学

10

陸上セルラーシステムのサービスエリア

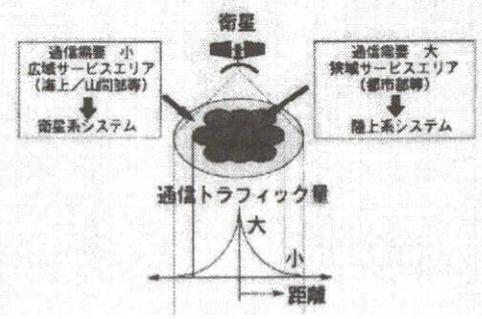


■ : 陸上セルラーシステムのサービスエリア

三重大学

11

陸上／移動体衛星通信の適用領域



衛星

通信需要 小
広域サービスエリア
(海上/山間部等)
衛星系システム

通信需要 大
狭域サービスエリア
(都市部等)
陸上系システム

通信トラフィック量

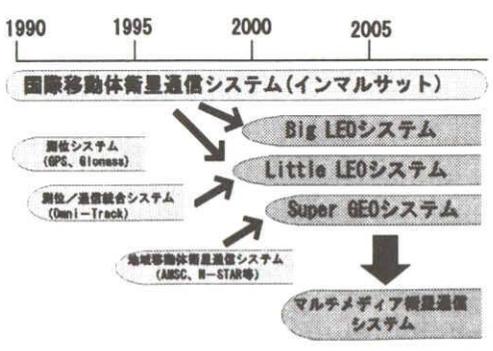
大 小

距離

三重大学

12

移動体衛星通信の開発動向



1990 1995 2000 2005

国際移動体衛星通信システム(インマルサット)

定位システム (GPS, Gloss)

定位/通信統合システム (Omni-Track)

地域移動体衛星通信システム (AMSC, H-STAR等)

Big LEOシステム

Little LEOシステム

Super GEOシステム

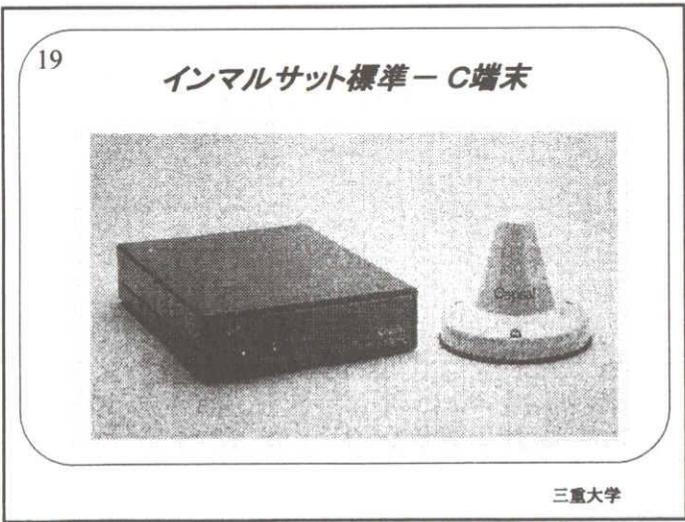
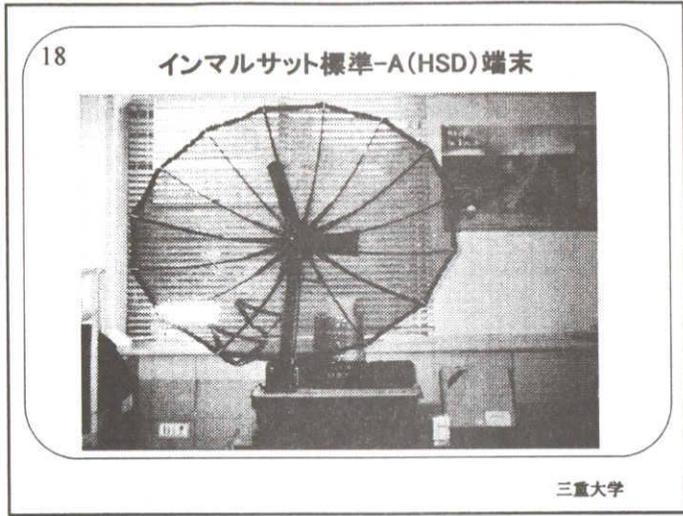
マルチメディア衛星通信システム

三重大学

17 **インマルサット地球局(移動端末)の概要**

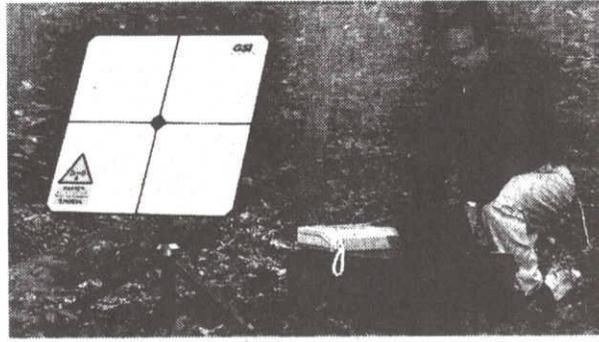
	<i>Inmarsat-A</i>	<i>Inmarsat-C</i>	<i>Inmarsat-M</i>	<i>Inmarsat-B</i>	<i>Inmarsat Mini-M</i>	<i>Inmarsat M4</i>
機軸システム						
重量	25kg	2~5kg	10kg	10~20kg	2.5kg	4kg
サービスイン	1982年	1991年	1992年	1993年	1995年	2000年?
提供サービス	電話、FAX データ テレックス	データ (300~600bps)	電話、FAX データ (2400bps)	電話、FAX データ テレックス	電話、FAX データ (2400bps)	電話、FAX データ (64kbps)

三重大学



21

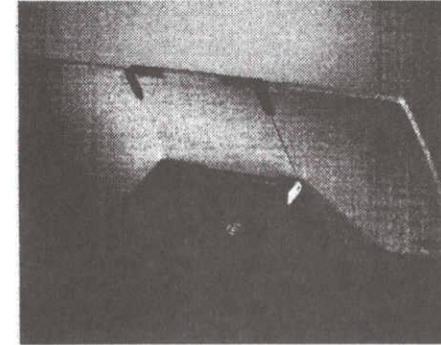
インマルサット標準-B端末



三重大学

22

インマルサット標準-M4端末



三重大学

23

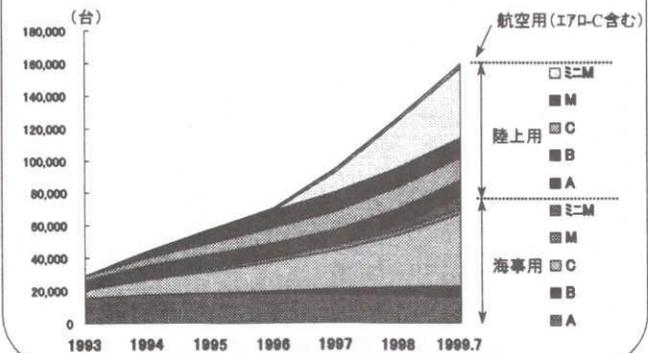
インマル可搬型端末の比較(M4の登場)

システム	データ伝送レート(最大)	端末			端末発日本宛通話料	サービスエリア	その他
		重量	大きさ	標準価格			
C	600bps (ノックアウト)	2.1kg	本体: 50x165x180mm アンテナ: 高さx直径 124 x 150mm	30~35万円	26円/2500字	グローバル	音声伝送(ノックアウト)
ミニM	2400bps	2.4kg	57 x 260 x 260mm	46万円	300円/分	スポット	音声・Fax伝送も可能
B	64kbps	14kg	本体: 80x205x259mm アンテナ: F1.6分: 775x775x62mm	300~350万円	2000円/分 (外国地帯も経由)	グローバル	音声・Fax伝送も可能 (2400bpsデータ含む)
M4	64kbps	3.3kg	本体: 68x275x355mm アンテナ: 340x774x12mm	100~150万円	600~650円/分	スポット	音声・Fax伝送も可能 (2400bpsデータ含む) KDDは2000年秋〜7月開始?

三重大学

24

インマルサット端末数推移



三重大学

25

パーソナル衛星通信の需要

現状の移動体衛星通信システム(音声)

- ・最小端末でA4ノートパソコン程度(可搬型)
- ・チャネル容量に限界



パーソナル衛星通信システム

- マルチスポットビームを利用することにより、
- ・携帯端末の利用が可能
 - ・チャネル容量を改善

三重大学

26

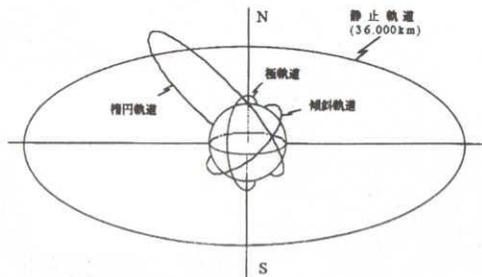
パーソナル衛星通信の分類

	LITTLE LEO システム	SUPER GEO システム	BIG LEO システム	マルチメディア衛星通信システム
提供サービス	蓄積型メッセージ通信	音声/FAX/データ	音声/FAX/データ	高速データ通信 マルチメディア
対象地域	グローバルカバレッジ	地域限定カバレッジ	グローバルカバレッジ	地域/グローバルカバレッジ
衛星軌道	非静止衛星軌道	静止衛星軌道	非静止衛星軌道	静止 / 非静止衛星軌道
周波数	140 / 400 MHz	1 ~ 3 GHz	1 ~ 3 GHz	14 / 11 GHz 30 / 20 GHz

三重大学

27

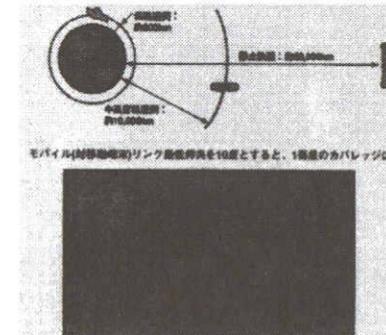
種々の衛星軌道



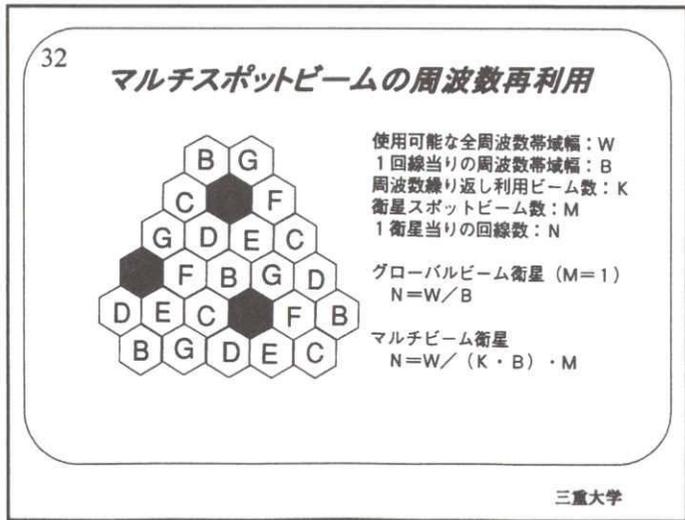
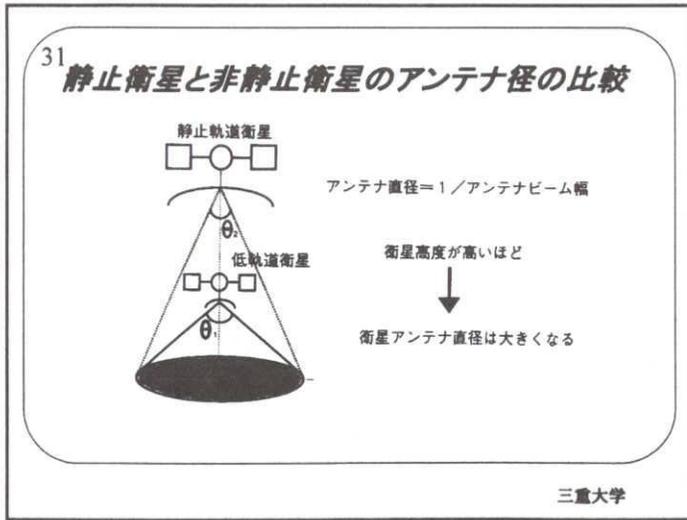
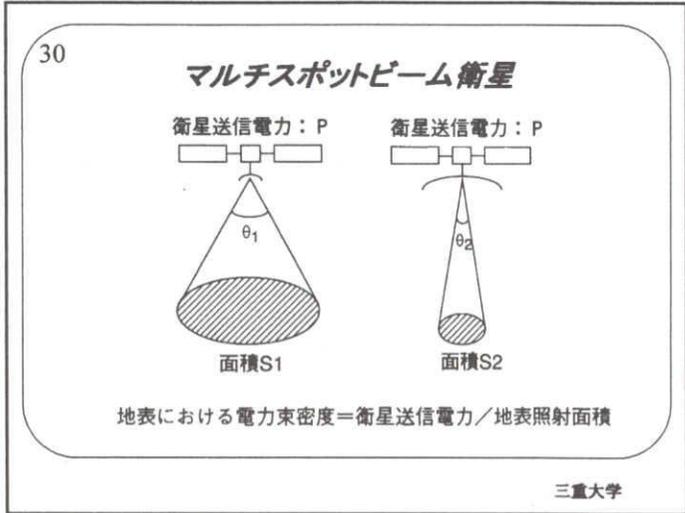
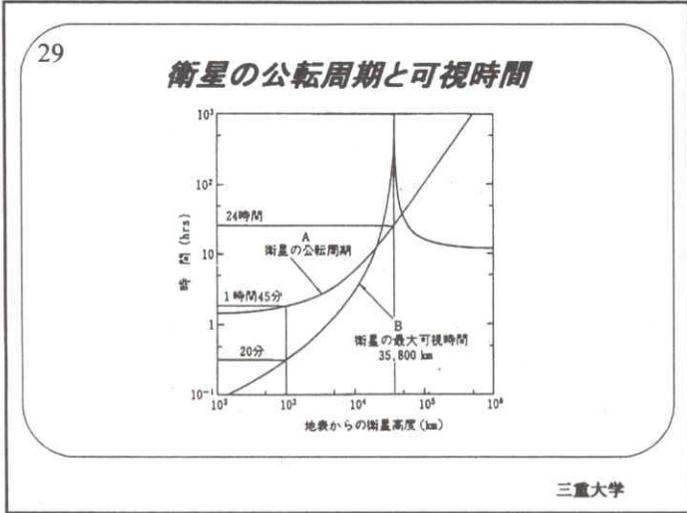
三重大学

28

静止衛星と非静止衛星軌道の比較



三重大学



33 **衛星間通信 (ISL) の利用**

衛星間中継無しの場合 衛星間中継有りの場合

三重大学

34 **静止衛星と非静止衛星システムの比較**

	低軌道	中軌道	静止軌道
システム開発コスト	○	△	×
衛星の複雑さ	○	△	×
ネットワークの複雑さ	×	△	○
通信稼働率 (サービス品質)	○	△	×
サービスの段階的導入	×	△	○
システム例	Little LEO Big LEO マルチメディア	GPS Big LEO	インマルサット Super GEO マルチメディア

三重大学

35 **世界の主なLittle LEOシステム**

システム名	ORBCOMM	LEO ONE	FAISAT	E-SAT	VITA
事業者名	Orbital Com. Corp.	Leo One USA Corp.	Final Analysis Com. Services Inc.	E-SAT Inc.	Volunteers in Technical Assistance
衛星高度	825 km	950km	1000 km	1260 km	1000 km
衛星数	36	48	26	6	2
開発コスト	\$ 3.5 億	\$ 2.5 億	\$ 2.5 億	\$ 0.5 億	\$ 0.1 億
運用開始日	1998 運用開始	2003年	2002年	2002年	1997年運用開始

- 非静止衛星軌道を用いた低速データ通信用システム
- 携帯端末の利用が可能
- メッセージ通信 / 緊急避難用通信 / データ収集 / 生態観測用 / リモートセンシング / 測位通信等

三重大学

36 **ORBCOMMシステムの構成図(日本)**

携帯端末 車載端末 可搬端末(半固定) Gateway Station (KDD北浦) Network Control Center (KDD目黒) User Site PSTN

三重大学

衛星軌道及びオーブコム衛星



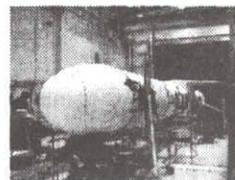
衛星軌道

衛星数 合計44機(予備8機を含む)
 軌道面
 傾斜度 45度-4面×8機
 傾斜度 70度-2面×2機
 傾斜度 0度-1面×8機
 軌道高度 825km 円軌道
 周回時間 約100分/周

オーブコム衛星

重量 約40kg
 長さ 約5m
 幅 約2.6m
 姿勢制御方式 重力傾度
 データ伝送速度(User Link)
 Uplink 2,400bps
 Downlink 4,800bps

衛星打上げロケット とオーブコム端末



空中発射式ロケット「ベガス」

・8機のオーブコム衛星を同時に打ち上げ



トライスター社製L1011(大型旅客機)

地上1万メートル上空で打ち上げる空中発射式を採用

オーブコムシステムの応用例



トラック動態管理

・車両の位置管理
 ・冷凍車の温度管理



ラリー

・ドライバーの呼び出しの安全管理



コンテナ

・全世界に散らばるコンテナの資産管理



船舶

・レジャーボート等の緊急通報番号



遠隔地のセンサーの情報収集手段

・パイプラインの漏洩監視
 ・遠隔地の測定器の保守点検



交通情報の情報収集

・乗用車への配信
 ・駐車場の調査情報
 ・渋滞情報



気象情報の収集配信手段

・温度/湿度/風向/風速
 水位/水質のモニタリング



緊急通信

・山岳/海難の通報
 救助システム

オーブコム端末



九州松下電器(株)製 KC-G7100シリーズ

- ・低軌道の選択により通信端末が低コスト・小型・低消費電力
- ・グループIDの利用による同報通信機能
- ・GPS内蔵による測位機能
- ・ホスト端末からのポーリングによる通信・遠隔操作によるメンテナンスが可能
- ・天候に強いVHF帯の帯域を使用

41

世界の主なSuper GEOシステム

	ASC (AGRAND)	THURAYA	ACES (GARUNDA)	APMT	EAST
主催国	インド	UAE	インドネシア	中国	キプロス
衛星数	2	2	2	2	1
サービス地域	東ヨーロッパ、中央 /南アジア、中東	東ヨーロッパ、中央 /南アジア、中東	東南アジア、 インド、中国	アジア地域、 中国	ヨーロッパ、 アフリカ、中東
衛星開発社	Lockheed Martin	Hughes Space	Lockheed Martin	Hughes Space	Matra Marconi
開発コスト	\$ 10 億	\$ 8.5 億	\$ 9 億	\$ 9 億	\$ 8 億
運用開始日	4Q 2000	3Q 2000	2Q 2000	2000	1Q2002

- ・静止衛星を用いた地域限定システム
- ・マルチスポットビームの採用により携帯端末の利用を可能とする
- ・音声、データ、FAXサービスの提供
- ・地上系電話網としての利用

三重大学

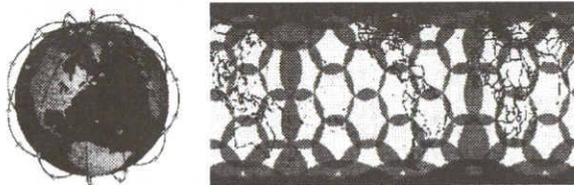
42 主なBig LEO(非静止軌道衛星)システム

システム名	IRIDIUM	GLOBALSTAR	ICO
衛星構成			
事業者名	Iridium Inc	Orbital Qualcomm Sat. Services Inc.	ICO Inc
伝送レート	2400bps	2400bps	2400bps
衛星数	66	48	10
衛星軌道	低軌道(LEO)	低軌道(LEO)	中軌道(MEO)
衛星高度	765km	1,389km	10,355km
軌道面数	6	8	2
サービス開始時期	1998年運用開始 2000年運用停止	1999年運用開始	2002年予定
サービス	音声/データ	音声/データ	音声/データ

三重大学

43

イリジウムシステムの衛星軌道と カバレッジ例

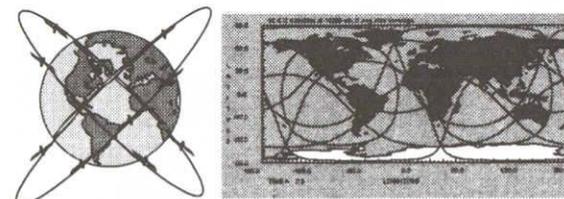


- ・衛星数66機でグローバルサービスを提供
- ・衛星間中継の採用

三重大学

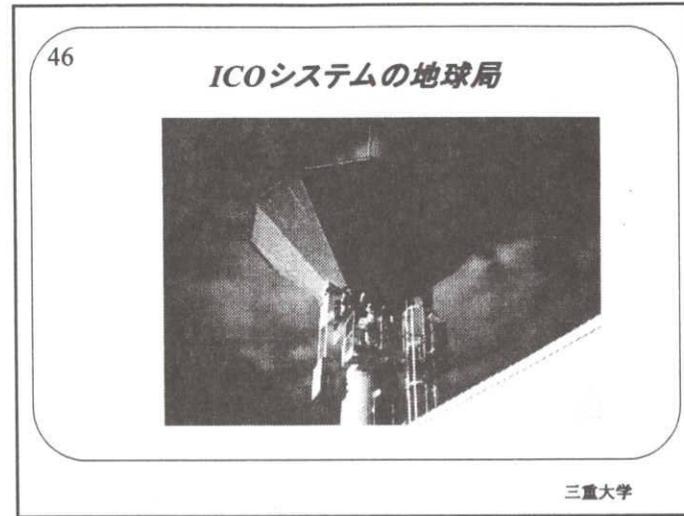
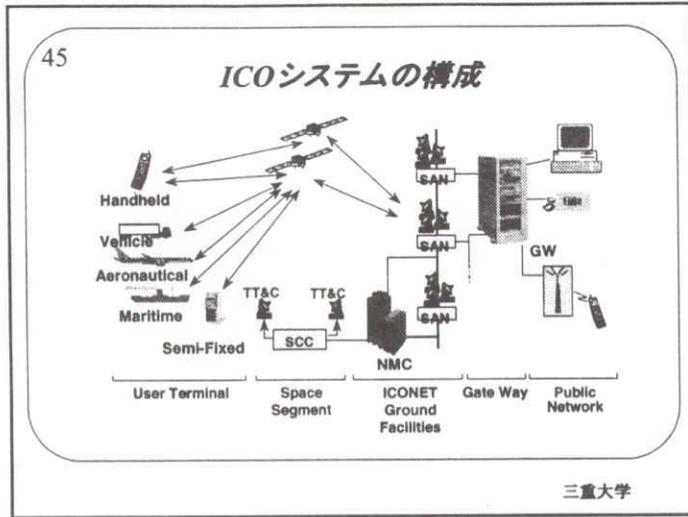
44

ICOシステムの衛星軌道と カバレッジ例



- ・衛星数10機でグローバルサービスを提供
- ・欧州セルラー標準のGSMと同一の交換機を採用
- ・高速データ通信サービス(256kbit/s)の提供

三重大学



ICO



- Very similar in size and appearance and in voice quality to today's cellular phone
 - 180 - 225 cc / 180 - 250 g
- Radiated Power
 - Peak : 3W
 - Average : 0.5W
- Battery Life
 - Call waiting mode : 80 hours
 - Talk mode : 4 - 6 hours

SPJ Proprietary and Confidential

ICO



Maritime
(JRC)



Rural Payphone
(Landis & Gyr)



Road Transport
(TBD)

SPJ Proprietary and Confidential

49

マルチメディア衛星通信

- 衛星インターネットサービスの提供
- 企業間通信システムの提供
- 地上系電話網の代替システム
- 衛星マルチメディアサービスの提供
- 小型アンテナの採用により家庭での利用が可能
- ポータブルターミナル(A4ノートブックサイズ)を利用した移動通信サービスの提供

三重大学

50

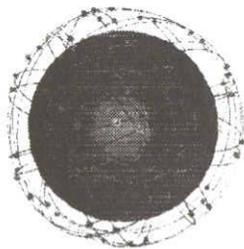
世界の主なマルチメディア衛星通信システム

	ASTROLINK	SPACEWAY	SKYBRIDGE	TELEDESIC
主開発事業者	Lockheed Martin	Hughes Communications	Alcatel, Loral Space	Teledesic, Motorola, Boeing, Matra Marconi
衛星軌道	静止軌道	静止軌道	非静止軌道	非静止軌道
衛星高度	36000 km	36000 km	1469 km	1375 km
衛星数	9	9	80	288
OBP	Yes with ISL	Yes with ISL	Bent Pipe	Yes with ISL
開発コスト	\$ 40 億	\$ 32 億	\$ 42 億	\$ 90 億
伝送速度	• 2.3Mbit/s アンテナ 90cm • 9.2Mbit/s アンテナ 1.8m	• 下り 92Mbit/s • 上り 6Mbit/s • アンテナ 66cm	• 下り n × 20Mbit/s • 上り n × 2Mbit/s • アンテナ 45cm/70cm	• 下り 94Mbit/s • 上り 2Mbit/s • アンテナ A4 size
特徴	• NASA ACTS 衛星をベースに設計 • ビームホッピング • 衛星 ATM	• FCC に Spaceway NGSO (90 衛星) システムを申請 • 将来は、2 システムを統合	• Ku 帯を使用 • Loral 機種の Cyberstar と統合 • Toshiba, Sharp, Mitsubishi 参加 • 200Gbit/s/80 衛星	• 1996 年 2 月にモトローラ機種の Celestri 及び M-Star と統合 • 1998 年 2 月 T1 試験衛星打ち上げ
運用開始予定	2001	2001	2002	2003

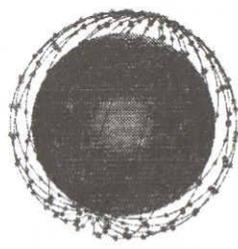
三重大学

51

マルチメディア衛星通信システムの衛星軌道例



Skybridge
(衛星数80機)



Teledesic
(衛星数288)

三重大学

52

陸上系移動通信システム

1. 陸上系移動体通信サービスの発展
2. 携帯電話の現状
3. PHSの現状
4. IMT-2000の開発動向

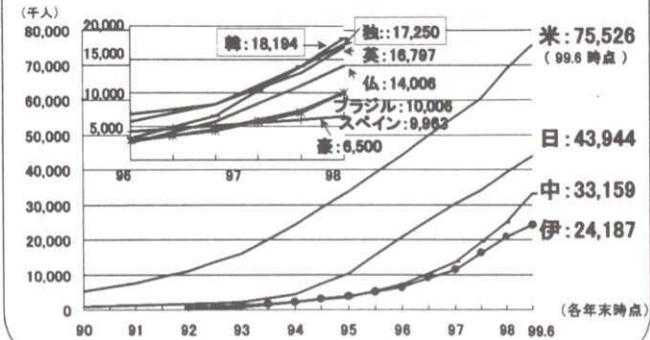
三重大学

世界の移動通信システムの発展方向



三重大学

諸外国の携帯電話加入者数の伸び



三重大学

55 日米欧の移動通信システム別加入者数

(万人)

	時点	世界	日本	アメリカ	欧州	アジア/オセアニア 主要国合計*
		98/12	99/12	98/12	99/10	99/6
デジタル	PDC	3,900	4,434			
	CDMA	2,000	311	643		1,971
	GSM	13,500		244	12,998	4,741
	D-AMPS	1,800		682		5
	PHS	600	558			
アナログ	TACS/AMPS	9,000	13	4,884	522	920
	NMT等	300			962	66
合計		31,100	5,316	6,453	14,482	7,703

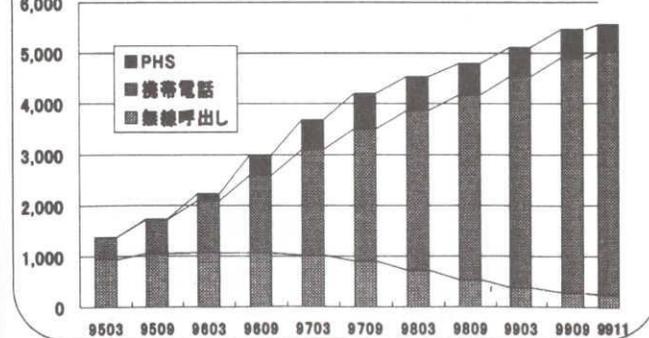
* (アジア/オセアニア主要国 : 豪州、韓国、香港、中国、インドネシア、マレーシア、シンガポール、台湾、フィリピン、タイ)

(Global Mobileより)

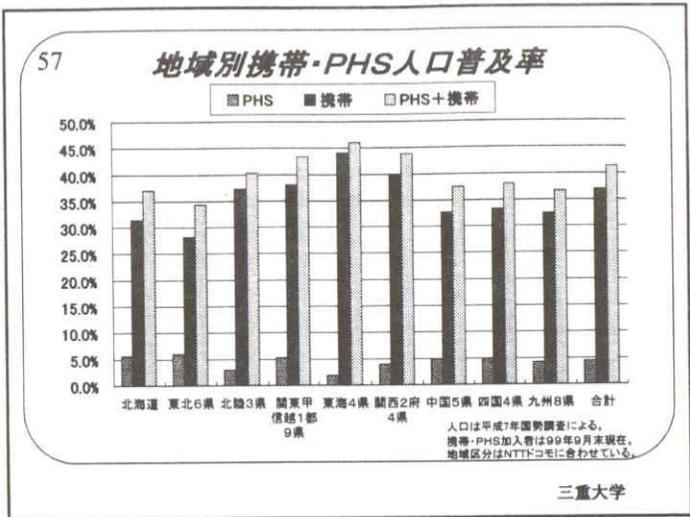
三重大学

56 携帯電話、PHS、ポケベルの加入者数推移

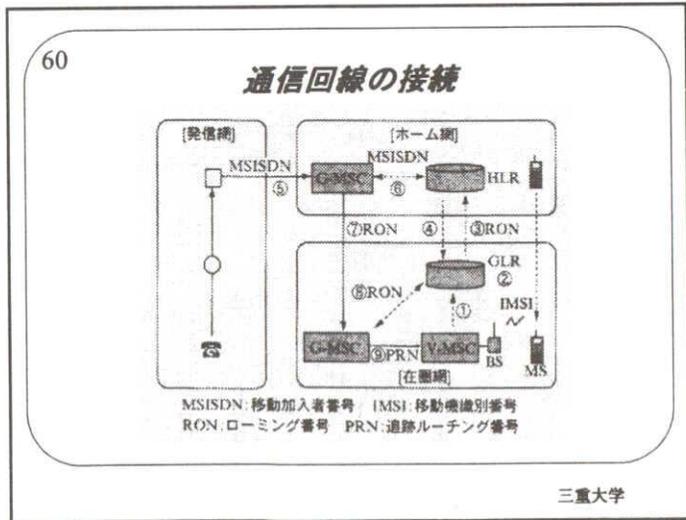
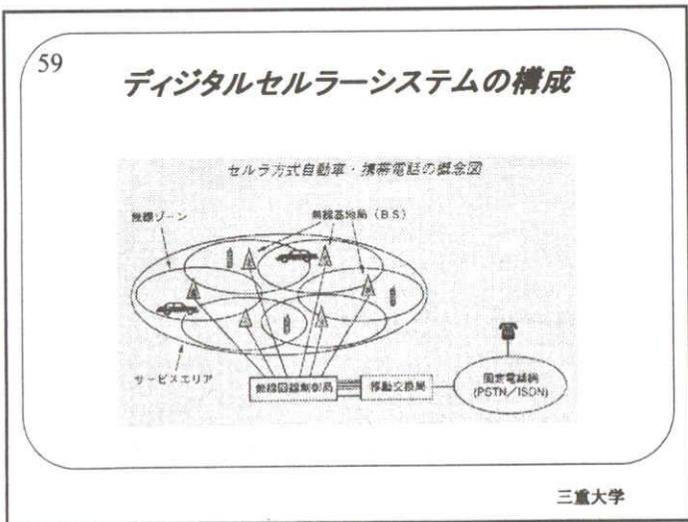
(万)



三重大学



- 58 **陸上移動通信システムの定義**
- 携帯電話(PDC)→セルラー／自動車電話
 - 広域サービスエリア
 - 公衆電話通信(低品質)／低速パケット通信
 - 高速移動での利用が可能
 - PHS→デジタルコードレス電話
 - 限定サービスエリア(スポット)
 - 公衆・自営電話通信(高品質)／中速データ通信(32kbit/s)
 - 低速移動でのみ利用が可能
 - 無線呼び出し→ページャー／ポケベル
 - 広域サービスエリア
 - 低速メッセージ通信
 - 片方向通信(公衆網→端末)
 - 高速移動での利用が可能
- 三重大学



61

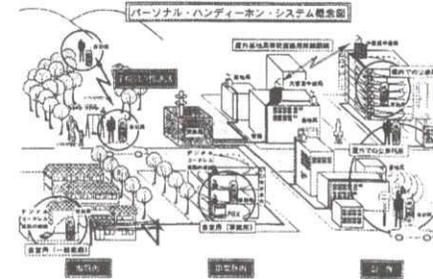
世界のデジタル携帯電話の比較

システム名	日本 PDC	欧州 GSM	米国 IS-54	米国 IS-95
使用周波数帯	800MHz / 1.5GHz 帯	900MHz / 1.8GHz 帯	800MHz 帯	800MHz 帯
送受信周波	130MHz / 49MHz	45MHz / 95MHz	45MHz	45MHz
アクセス方式	TDM/TDMA	TDM/TDMA	TDM/TDMA	DS-SSMA
音声符号化方式	VSELP: 6.7kbps PSI-CELP: 3.45kbps	RPE-LTP 13kbps	VSELP 7.96kbps	QCELP 8/4/2/0.8kbps
多重数	3 (ローフレイト化で6)	8 (ローフレイト化で16)	3 (ローフレイト化で6)	—
変調方式	π/4シフトQPSK	GMSK	π/4シフトQPSK	上り: オフセットQPSK 下り: QPSK
伝送速度	42kbps	270, 833kbps	48, 6kbps	1, 2289kchip/s
キャリア間隔	50kHz	400kHz	60kHz	1, 25MHz

三重大学

62

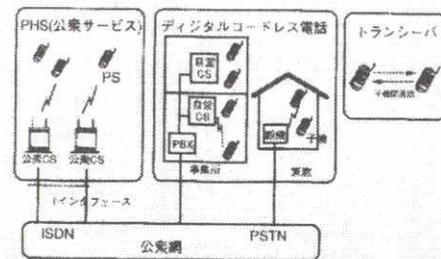
パーソナルハンディホン(PHS)



三重大学

63

PHSの構成



三重大学

64

携帯電話とPHSの比較

	携帯電話 (PDC)	コードレス電話 (PHS)
基地局エリア半径	1.5km～数km(マクロセル)	100m～数100m(マイクロセル)
利用可能エリア	都市, 主要道路	都市内(スポット的)
網構成	電話網とは別の独自網	既存のISDN網を利用
利用形態	端末～屋外基地局	端末～屋内外基地局(公衆) 端末～屋内基地局(自営)
ハンドオーバー	必須	簡易ハンドオーバーは必須
ハンドオーバー可能速度	高速度(100km/時以上)	歩行速度(約20km/時以下)
送信出力(端末)	数100mW～数W	10mW以下
伝送速度	11.2kbps	32kbps
子機間通信	なし	あり(トランシーバ機能)

三重大学

65

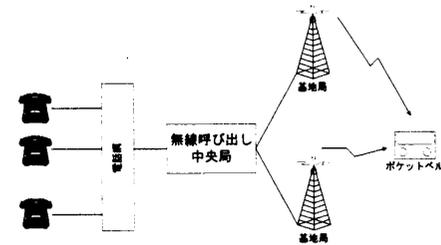
世界のデジタルコードレス電話の比較

	日本	欧州	英国
システム名	FHS	DECT	CT-2
概要	家庭、事務所等の室内と街角等の屋外	家庭、事務所等の室内と街角等の屋外	家庭、事務所等の室内と街角等の屋外
使用周波数帯	1895 - 1917MHz	1800 - 1990MHz	864 - 868MHz
キャリア間隔	300kHz	2MHz	100kHz
アクセス方式	TDMA	TDMA	SCPC
変調方式	π/4シフトQPSK	GMSK	GMSK
チャンネル数	キャリア数	77	10
	多重度	4	12
	総チャンネル数	304	120
音声符号化方式	ADPCM-32kbps		
伝送速度	38.4kbps	115.2kbps	72kbps
送信出力(ピーク)	80mW	250mW	10mW

三重大学

66

無線呼び出し(ポケットベル)



三重大学

67

世界のポケットベルの比較

	第1世代システム		第2世代システム		
	日本	日本	米国	欧州	
システム名	NTT方式	POCSAG方式	FLEX-TD方式	FLEX方式	ERMES方式
特徴			速度、送信回数可変 NTT開発	伝送速度可変 モトローラ社開発	国際ローミング可能
使用周波数帯	280MHz帯		280MHz帯	930MHz帯	160MHz帯
チャンネル間隔	25kHz			25kHz	
伝送速度	1200bps		1600bps	3200bps	6400bps
変調方式	2重FSK		2重FSK	2/4重FSK	4重FSK
誤り訂正符号	BCH(31,16)	BCH(31,21) +パリティ	BCH(31,21) +パリティ		短縮巡回符号 (31,18)
送信回数	3	2	1~4可変		1
加入者容量	3.2万	6.2万	53万	53万	32万
長文伝送能力	-	-	235文字/秒	540文字/秒	540文字/秒

三重大学

68

IMT-2000への期待

- ・ 高品質なサービス
- ・ 高速データサービス
- ・ 国境を越えたグローバルなローミングの実現
- ・ 固定有線網と同等なサービス品質を確保
- ・ 移動環境において高速データ通信やマルチメディアサービスを含むさまざまなサービスの提供
- ・ 周波数スペクトラムの有効利用

三重大学

69

IMT-2000システムの特徴

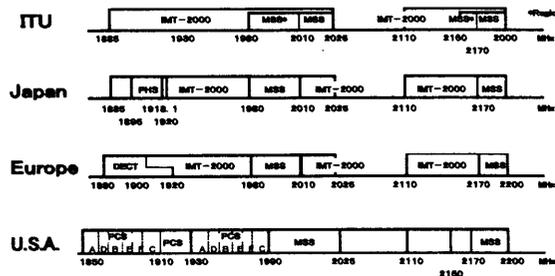
	IMT-2000		現状
	Phase 1 (2000年頃)	Phase 2 (2010年頃)	
屋内利用	2.048Mbit/s	20Mbit/s	無線LAN (2Mbit/s)
屋外利用 (歩行)	384kbit/s	10Mbit/s	PHS (384kbit/s)
自動車	144kbit/s	10Mbit/s	携帯電話 (42kbit/s)
衛星	9.6kbit/s		Big LE0 (2.4kbit/s)

- ・ 衛星から屋内通信まであらゆる環境での利用が可能
- ・ 携帯電話、無線LAN、家庭用コードレス電話等あらゆる移動通信サービスを提供
- ・ スペクトラム拡散多重方式を採用

三重大学

70

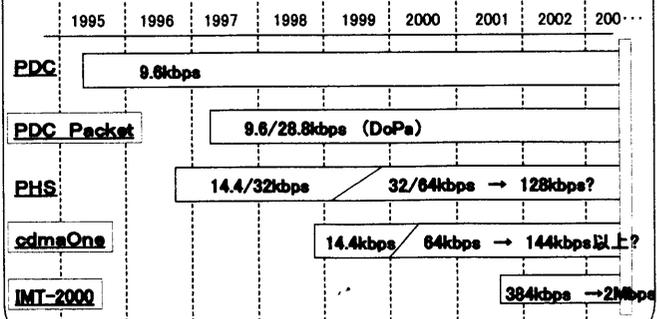
IMT-2000周波数表



三重大学

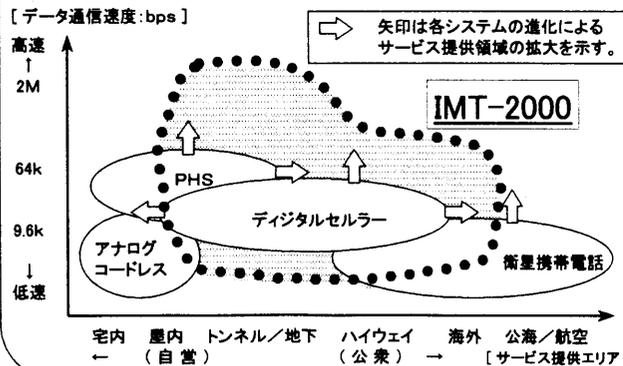
71

移動データ伝送速度の推移



三重大学

IMT-2000と既存システムとの相関図



三重大学

73 **IMT-2000で期待されるアプリ/コンテンツ**

- **非対称型**
 - オンデマンド型
 - ・ データ、音楽、画像、映像等のデジタルコンテンツをすべて扱う
 - プッシュ型
 - ・ ニュース的な情報の配信、広告など
 - リアルタイム型
 - ・ ライブ、コンサート、野球中継、サッカー中継など
- **双方向型**
 - ユーザ TO ユーザ
 - ・ テレビ会議、テレビ電話、遠隔医療、テレワーク、オンライン対戦型ゲーム等
 - ユーザ TO サービスプロバイダなど
 - ・ 多人数参加型ゲーム、オンラインバンキング、EC(エレクトリックコマース)

三重大学

74 **各種移動通信の特徴比較**

三重大学

75 **衛星携帯電話とIMT-2000**

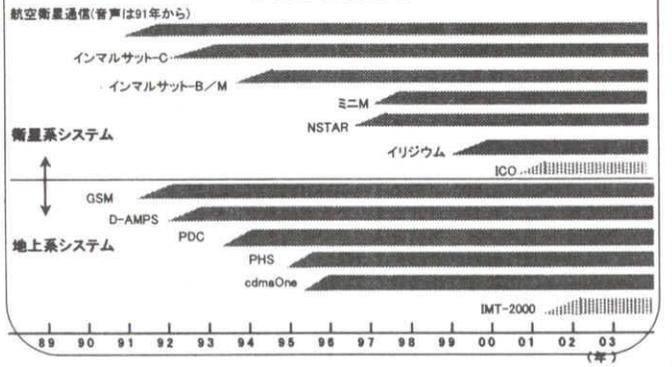
- **衛星携帯電話サービス**
 - グローバルスター(1999年)
 - ICO(2002年?)
- **衛星携帯電話とIMT-2000の棲み分け**
 - [衛星携帯電話]
 - ・ 地上系インフラ未整備地域や海洋での利用も可能。
 - ・ 全く同じダイヤル手順で同じ内容のサービスが受けられる安心感。(例: スポーツニュース、医療相談、音楽...)
 - [IMT-2000]
 - ・ 同様のサービスを導入している国において、通常の携帯電話としての利用のほか、高速マルチメディア型サービスの利用も可能。

三重大学

76 **日本の移動通信システムの発展予測**

三重大学

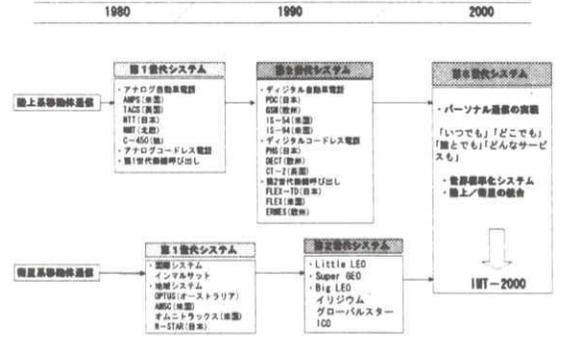
デジタル移動通信システム(衛星・地上系)の 実用化動向



三重大学

78

移動体通信システムの開発の流れ



三重大学