

# ITU-R SG3における最近の電波伝搬技術標準化動向

佐藤 明雄

東京工科大学

2011.4.22

## 目次

1. ITU-R SG3 構成と活動の概要
2. 各WPにおけるトピックス(2010年11月会合を中心に)
  2. 1 WP3J 基本伝搬
  2. 2 WP3K ポイント・エリア伝搬
  2. 3 WP3L 電離圏伝搬及び電波雑音
  2. 4 WP3M ポイント・ポイント伝搬
3. 今後の課題

## ITU-R SG3 構成と活動の概要

電子情報通信学会 学会誌 2010年12月号

小特集

新たな時代に対応した電波伝搬技術の国際標準化活動

1. 総論 電波伝搬技術標準化への期待

東 政幸(総務省)

2. ITU-R SG3における最近の電波伝搬に関する標準化動向

佐藤明雄

3. ITU-R SG3における移動通信の時空間電波伝搬モデルに関する標準化活動

藤井輝也, 表英毅, 太田喜元

4. ITU-R SG3における屋外ワイヤレスアクセスの電波伝搬に関する標準化活動

北直樹, 増井裕也, 米澤健也, 佐藤明雄

5. ITU-R SG3における屋内ワイヤレスアクセスの電波伝搬モデルに関する標準化活動

太田喜元, 山田渉, 北直樹, 藤井輝也

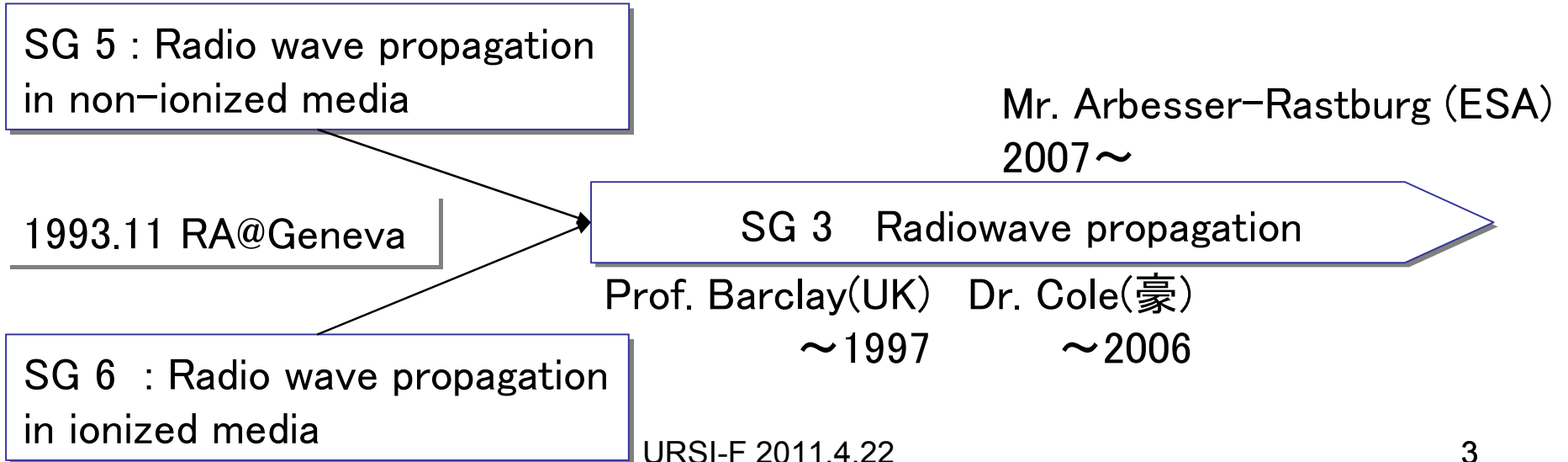
6. ITU-R SG3における固定系電波伝搬モデルとダイナミクスに関する標準化活動

前川泰之, 浜口清, 石井守, 野崎憲朗, 佐藤明雄

# ITU-R Study Group 構成

- SG 1 Spectrum management
- SG 3 Radiowave propagation**
- SG 4 Satellite services
- SG 5 Terrestrial services
- SG 6 Broadcasting services
- SC 7 Science services

Service orientedなSG  
構成(SGs 4, 5, 6, 7)  
これらを支えるSG1&3



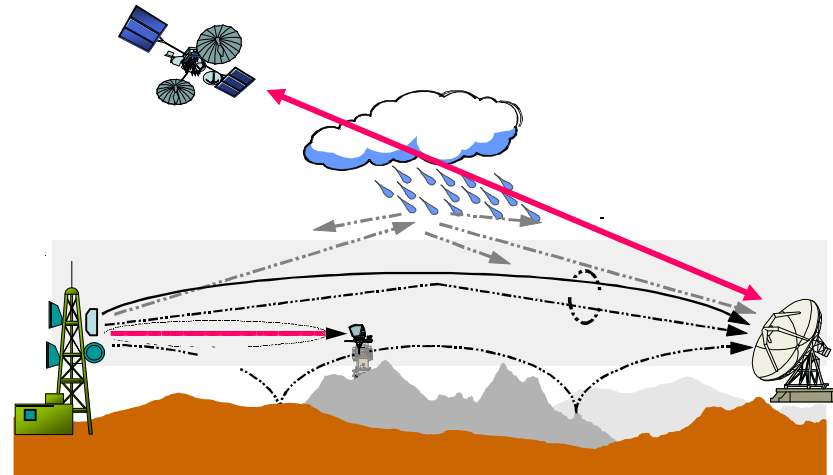
## SG3の構成 (2010.11)

SG-3: 電波伝搬			
議長: B. Arbesser-Rastburg (ESA) 副議長: F. Y. N. Daudu (ナイジェリア)、M. Pontes (ブラジル)、J. Wang (米国)、C. Wilson (オーストラリア)、H. Zhu (中国)			
WP	Sub-WG	審議項目	議長
3J: 基本伝搬		M. Pontes (ブラジル)	
	3J1	晴天時大気の影響	D. Rogers (カナダ)
	3J2	雲及び降水の影響	A. Martellucci (ESA)
	3J3	マッピングと統計的側面	L. Castanet (フランス)
	3J4	植生と障害物の回折	P. Mckenna (米国)
3K: ポイント・エリア伝搬		R. Grosskopf (ドイツ)	
	3K1	サイトスペシフィックな推定法	P. Mckenna (米国)
	3K2	ポイント・エリア伝搬	P. Mckenna (米国)
	3K3	屋内屋外短距離伝搬	A. Sato (日本)
	3K4	ミリ波アクセスシステム伝搬	M. Willis (英国)
	3K5	UWB伝搬	A. Kholod (スイス)
3L: 電離圏伝搬		L. Barclay (英国)	
	3L1	地上波伝搬とハンドブック	L. Barclay (英国)
	3L2	電波雑音, データバンクと電力線通信	D. Gaul (ドイツ)
	3L3	電離圏通過伝搬	P. C. Roberto (ESA)
3M: ポイント・ポイント伝搬		C. Wilson (オーストラリア)	
	3M1	地上伝搬	T. Tjelta (Telenor)
	3M2	衛星伝搬	M. Willis (英国)
	3M3	干渉伝搬	G. Feldhake (米国)
	3M4	データバンク	A. Martellucci (ESA)

# 各WPの審議対象

## 1. 非電離媒質中の電波伝搬

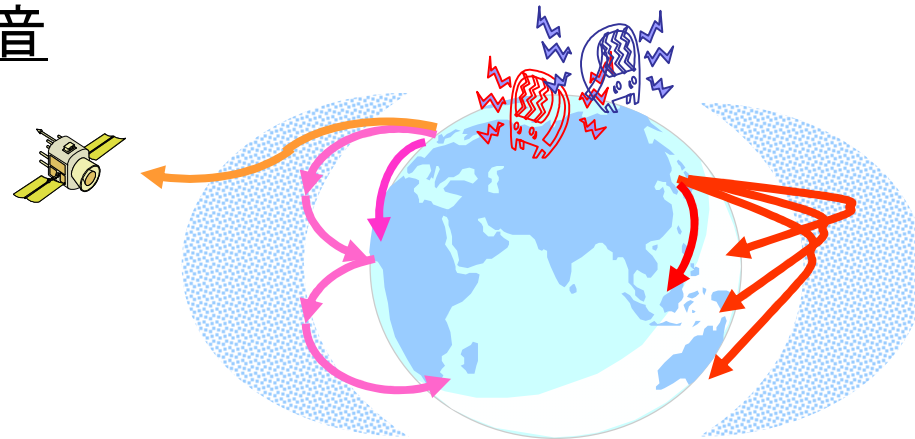
WP3J, 3K, 3M



## 2. 電離媒質中の電波伝搬

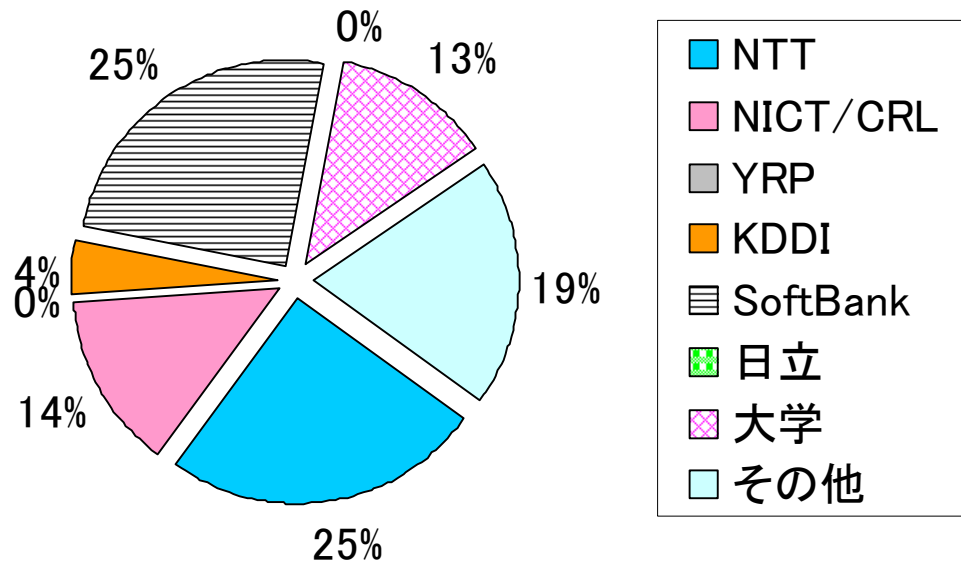
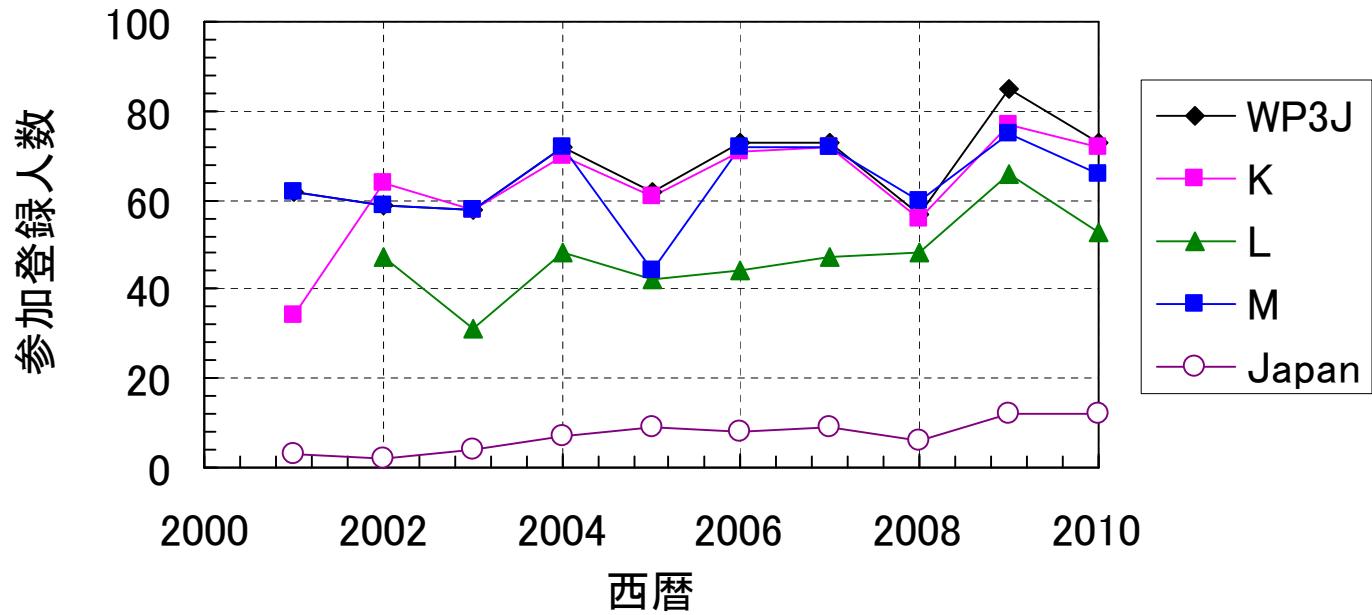
+ 地表波伝搬 + 電波雑音

WP3L

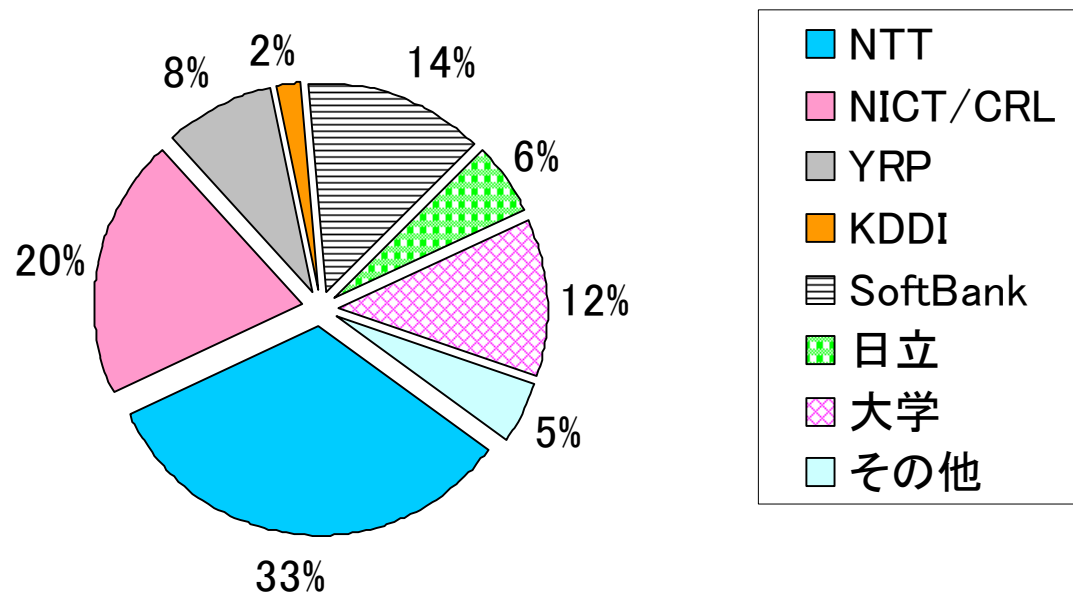
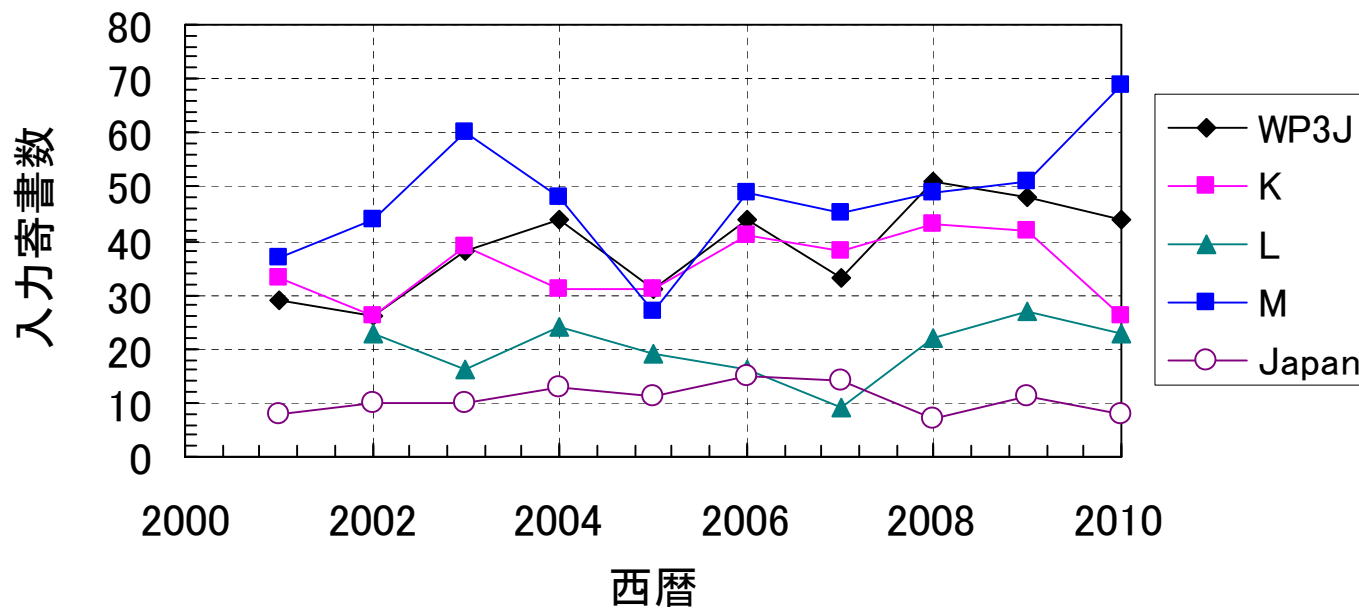




# 会合登録者数推移と日本からの参加者比率



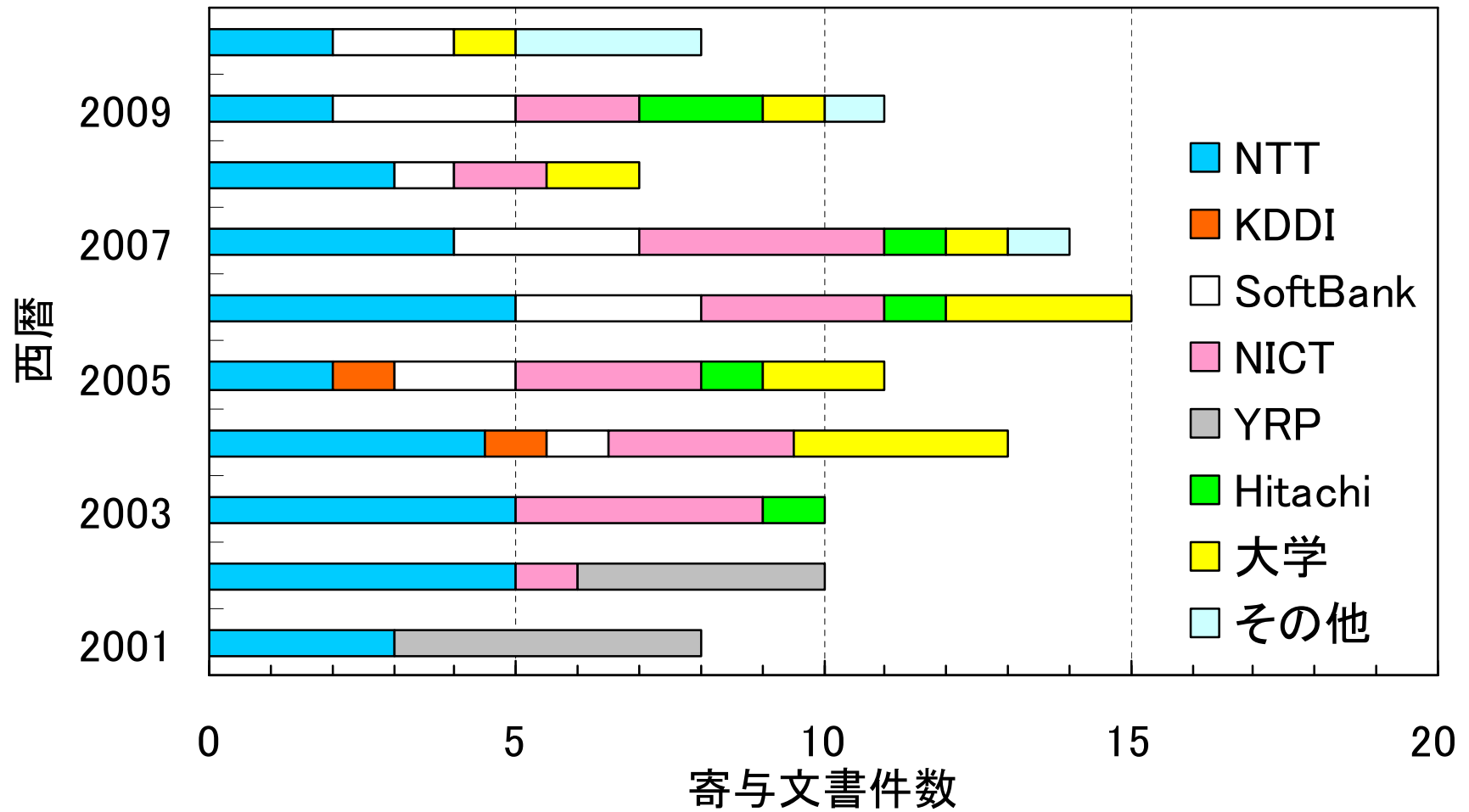
# 入力寄与文書数推移と日本寄書作成者比率





日本寄与文書数と作成者の推移

2001～2010年(10年間)の寄書総数=107件  
 その他:ドコモ, NTT-AT, 構造計画



## SG3の研究課題および勧告とその所掌

	WP3J	WP3K	WP3L	WP3M	WP <sub>s</sub>	計
課題	2	2	13	6	0	23
勧告数	21	9	22	16	8	76

### 2003年以降に成立した勧告

勧告	タイトル	WP	成立	備考
P.1621	20THz～375THzにおける地上～衛星間方式設計に必要な伝搬データ	J	2003	米
P1622	20THz～375THzにおける地上～衛星間方式設計に必要な推定法	M	2003	米
P.1623	地上～衛星間伝搬路におけるフェージング動特性の推定法	M	2003	欧
P.1791	UWBデバイスの影響評価のための伝搬推定法	K	2007	米
P.1812	VHF～UHF帯ポイント・エリア地上システムのためのパススペシフィック伝搬推定法	K	2007	英,米,独,ス
P.1814	地上FSOリンク方式設計に必要な伝搬推定法	M	2007	仏
P.1815	降雨減衰差	M	2007	米,加
P.1816	UHF～SHF帯広帯域陸上移動通信方式のための時間・空間プロフィール推定法	K	2007	日本
P.1817	地上FSOリンク方式設計に必要な伝搬データ	J	2007	仏
P.1853	Tropospheric attenuation time series synthesis	M	2009	仏,英

デジタル化は織り込み済みとして、さらに;

## ◆ブロードバンド化

→移動通信のSHF帯利用等, 各種推定法の適用周波数拡張や共用評価伝搬モデル検討, 光波の利用(FSO)

## ◆ネットワークのIP化

→回線品質評価法の変化(年間統計からダイナミックモデルへ), フェージング動特性モデル化, 新評価パラメータ(Outage Intensity等)

## ◆ユビキタス化

→検討エリアの詳細化(パスジェネラルからパススペシフィックへ), 屋内と屋外をまたぐエリア設計や干渉評価(建物侵入損失), 超短距離(UWB, RFタグ)や超長距離(太平洋越え)干渉評価

## ◆地球温暖化(自然環境の変化)

→降水現象や大気状態変動のモデル見直し(これから10年?)

## 各WPのトピックス

### WP3Mと連携

#### ◆WP3J

FSO (Free Space Optical)→ブロードバンド化

フェードダイナミクス→NWのIP化

建物侵入損失推定法勧告化→ユビキタス化

#### ◆WP3K

パス・スペシフィック推定法→NWのユビキタス化

時間・空間プロファイル推定法→ブロードバンド化

#### ◆WP3L

長波電界強度推定法→ユビキタス化, 干渉評価の広域化

雑音データベース化→ブロードバンド化

#### ◆WP3M

干渉評価伝搬モデル→ブロードバンド化による周波数共用

### ◆WP3J

・フェードダイナミクス関連項目の勧告化が進む。

日本としては自前の検討結果を持っていないので検証・評価において積極的な貢献が困難。

### ◆WP3K

・時・空間モデル化

時間，空間プロファイル推定モデルについては一段落し，いわゆる時・空間伝搬モデルへの発展が望まれる。

・伝搬モデルの高精度化(パススペシフィック化も含んで)

長距離から短距離まで移動・アクセス系システムにおける干渉評価の重要性が増す。距離によって影響するパラメータの選択方法に対する適正化の検討要。

### ◆WP3L

・長距離電界強度推定法

実測による検証と勧告改訂への反映

・雑音

データバンクの充実に伴い，計算方法の検討などの一般化。インパルス性雑音評価法の検討

### ◆WP3M

・干渉評価モデル

共用ケースが増えるとP.452の重要性が増し，いくつか不備な点の改善要。



## WP3J(基本伝搬)関連

### ◆ 3J1「晴天時大気の影響」

大気ガス吸収に関する勧告P.676の改訂案  
積分水蒸気量推定法勧告P.840, P.836改訂案

### ◆ 3J2「雲および降水の影響」

WRPM (Wide Range Propagation Model)の降水モデル  
冬期降水における動特性(情報文書/日本)

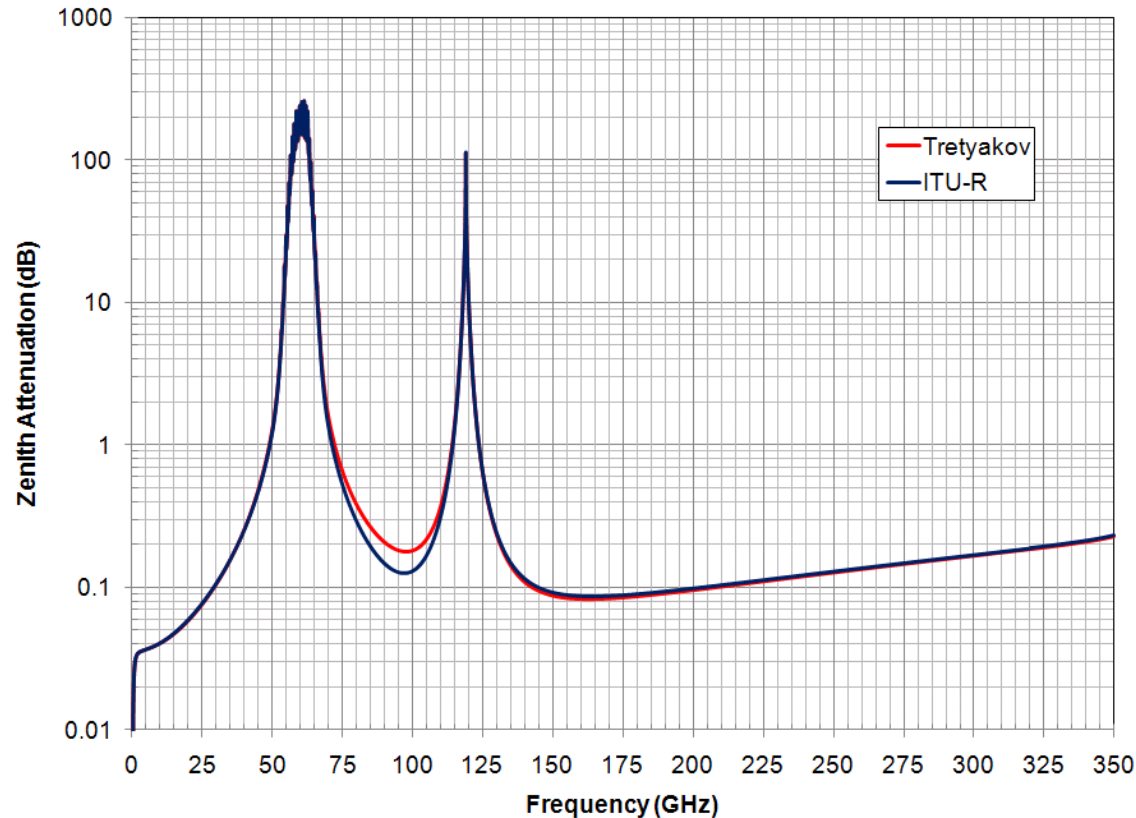
### ◆ 3J3「グローバルマッピングと統計的側面」

積分水蒸気量のマップ  
降雨強度推定勧告P.837の高緯度地域での誤差増加への対処  
降雨減衰時系列モデル勧告P.1853(3M2と共同)

### ◆ 3J4「植生と障害物の回折」

回折損失関連勧告P.526, デジタル地形データ評価  
植生による損失関連勧告P.833  
建物侵入損失勧告化作業(推進寄書/日本)

## Zenith Attenuation Comparison, Rec.P.676



Information only

[1] H. J. Liebe, G. A. Hufford, and M. G. Cotton, Propagation Modeling of Moist Air and Suspended Water/Ice Particles at Frequencies Below 1000 GHz, AGARD Meeting on Atmospheric Propagation Effects through Natural and Man-Made Obscurants for Visible to MM-Wave Radiation; May, 1993.

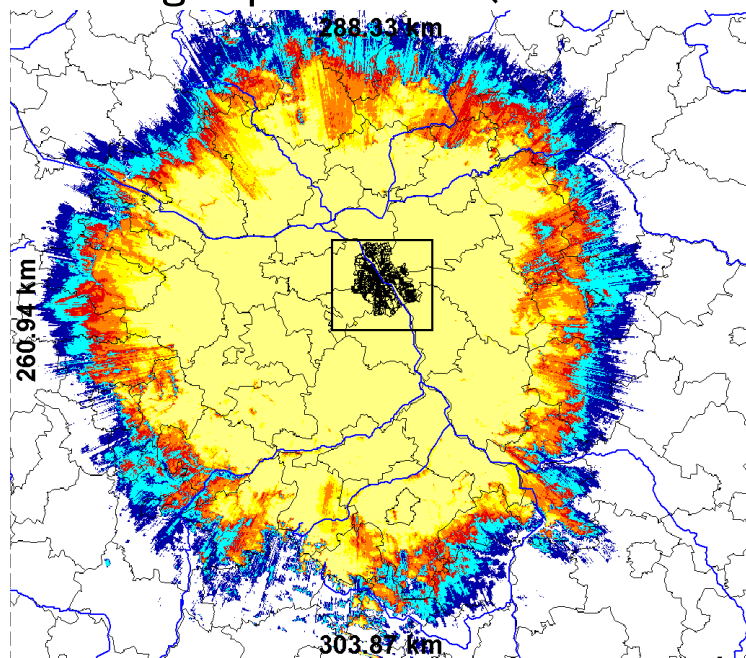
[2] M. Yu. Tretyakov, Ma. Koshelev, V.V. Dorovskikh, D.S. Makorov and P.W. Rosenkranz, 60 GHz oxygen band: precise broadening and central frequencies of fine-structure lines, absolute absorption profiles at atmospheric pressure, and revision of mixing coefficients, Journal of Molecular Spectroscopy, 231 (2005), pp. 1-14.



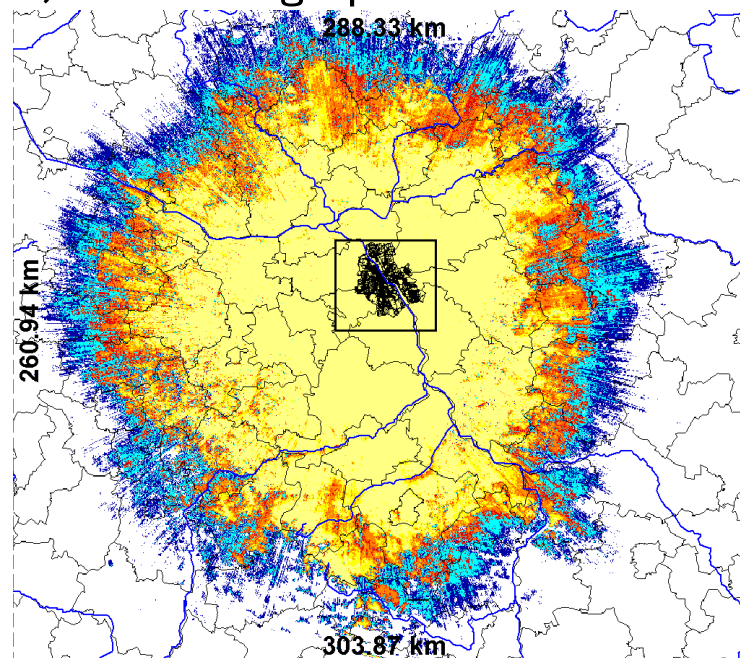
# 回折損計算に用いる地形データの影響評価

From Doc.3J/131

## Filed strength prediction (area 289 x 260 km) for the high power UHF TV



SRTM



ASTER

STRM(Shuttle Radar Topography Mission)

2000年にスペースシャトルで実施された地表面レーダー観測に基づくデータ. 北アメリカは約30m, それ以外の地域は約90m毎の水平距離間隔.

ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)

NASAとMETI(日本)で作成した衛星搭載ステレオカメラ観測に基づくデータ. 約30m毎のデータ間隔.

## New recommendation ITU-R P.[material\_effect]

### Timeline for activities related to the new Recommendation

Year	Contributions			Output			Note
	WP 3J	WP 3K	WP 3M	Chairman's Report	Total number of pages		
2001	3J/13 3J/27	3K/15 3K/16	3M/26	3J/30	App. 30, 31	9	Two parts
2002	3J/42 3J/43	3K/51		3J/56	App. 22	14	
2003	3J/10 3J/14 3J/21	3K/11		3J/33	Ann. 28	37	
2004	3J/48	3K/46		3J/78	Ann. 15	42	
2005				3J/112	Ann. 22	40	Carry forward
2006	3J/127	3K/128		3J/159	Ann. 9	2	Additional part only
2007	3J/172	3K/164		3J/193	Ann.7	43	
2008	3J/28 3J/30 3J/37	3K/28		3J/55	Ann. 10	53	
2009	3J/81	3K/80	3M/91	3J/104	Ann. 1	54	Incl. cover page

## WP3K(ポイント・エリア伝搬)関連

### ◆ 3K1「パススペシフィック伝搬」

勧告P.1812の改訂案→回折損計算法

### ◆ 3K2「パスジェネラル伝搬」

勧告P.1546の改訂

航空移動伝搬勧告P.528の早急な改訂→CG設置/645MHz-862MHzの放送と航空無線航法サービスの共用検討

### ◆ 3K3「屋内・屋外短距離伝搬」

屋外短距離伝搬勧告P.1411改訂

時空間伝搬勧告P.1816改訂

屋内伝搬勧告P.1238改訂

### ◆ 3K4「広帯域アクセスシステム伝搬」

勧告P.1410改訂案→ハイトゲイン(日本)+ルートダイバーシチ(UK等)

P.1411 Table 1 Physical operating environments – Propagation impairments

Environment	Description and propagation impairments of concern
Urban very high-rise	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Busiest urban deep canyon, characterized by streets lined with high buildings over ten floors which results in an urban deep canyon</li> <li>– High dense buildings and skyscraper interleave each other which yield to the rich scattering propagation paths in NLoS</li> <li>– Rows of tall buildings provide the possibility of very long path delays</li> <li>– Heavy traffic vehicles and high flowrate visitors in the area act as reflectors adding Doppler shift to the reflected waves</li> <li>– Trees beside the streets provide dynamic shadowing</li> </ul>
Urban high-rise	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Urban canyon, characterized by streets lined with tall buildings of several floors each</li> <li>– Building height makes significant contributions from propagation over roof-tops unlikely</li> <li>– Rows of tall buildings provide the possibility of long path delays</li> <li>– Large numbers of moving vehicles in the area act as reflectors adding Doppler shift to the reflected waves</li> </ul>
Urban/suburban low-rise	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Typified by wide streets</li> <li>– Building heights are generally less than three stories making diffraction over roof-top likely</li> <li>– Reflections and shadowing from moving vehicles can sometimes occur</li> <li>– Primary effects are long delays and small Doppler shifts</li> </ul>
Residential	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Single and double storey dwellings</li> <li>– Roads are generally two lanes wide with cars parked along sides</li> <li>– Heavy to light foliage possible</li> <li>– Motor traffic usually light</li> </ul>
Rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Small houses surrounded by large gardens</li> <li>– Influence of terrain height (topography)</li> <li>– Heavy to light foliage possible</li> <li>– Motor traffic sometimes high</li> </ul>

## P.1411 new section

### 11 Propagation data and prediction methods for the path morphology approach

#### 11.1 Classification of path morphology

In the populating area except rural area, the path morphology for wireless channels can be classified into 9 categories as shown in Table 14. The classification is fully based on real wave-propagation environment, by analyzing building height and density distribution for various representative locations using GIS (Geographic Information System) database.

TABLE 14

**Classification of path morphologies along a MIMO channel**

	<b>Path morphology</b>	<b>density</b>
High rise (above 25 m)	High density (HRHD)	above 35 %
	Middle density (HRMD)	20 ~ 35 %
	Low density (HRLD)	below 20 %
Middle rise (12m ~ 25m)	High density (MRHD)	above 35 %
	Middle density (MRMD)	20 ~ 35 %
	Low density (MRLD)	below 20 %
Low rise (below 12 m)	High density (LRHD)	above 35 %
	Middle density (LRMD)	20 ~ 35 %
	Low density (LRLD)	below 20 %

#### 11.2 Path-loss model

The path-loss model in this recommendation is given by

$$PL[\text{dB}] = PL_0 + 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d[\text{m}]) + S \quad (67)$$

$$PL_0[\text{dB}] = -27.5 + 20 \cdot \log_{10}(f[\text{MHz}]) \quad (68)$$

where,  $n$  is the path loss exponent and  $S$  is the random scatter around the regression line.

The standard deviation of  $S$  is denoted as.....

## Path-loss parameters for 9 path morphologies

<b>Path morphology</b>	<b>Transmitting antenna height[m]</b>	<b>Average building density [%]</b>	<b>n</b>	$\sigma_s$
HRHD	50	40	3.595	22.25
HRMD	50	30	3.505	18.46
HRLD	50	20	3.214	18.96
MRHD	30	40	3.342	21.37
MRMD	30	30	3.272	31.28
MRLD	30	20	2.969	20.54
LRHD	20	40	3.244	22.51
LRMD	20	30	2.925	20.07
LRLD	20	20	2.672	19.65

P.1411のMIMO伝搬モデルをどうするか今後検討要

## WP3L(電離圏伝搬および電波雑音)関連

◆ 3L1「地表波伝搬およびハンドブック」  
大地導電率ワールドマップ勧告P.832の改訂案  
地表波伝搬推定法新レポート案

◆ 3L2「電波雑音とデータバンク, 電力線通信」  
PLT関連  
電波雑音データバンク→充実推進(日本, ドイツ)

◆ 3L3「電離圏通過伝搬」  
電離圏シンチレーション勧告P531改訂  
電離層電子密度モデル

Doc.3L/72







# Outdoor noise data in VHF/UHF bands measured in Japan

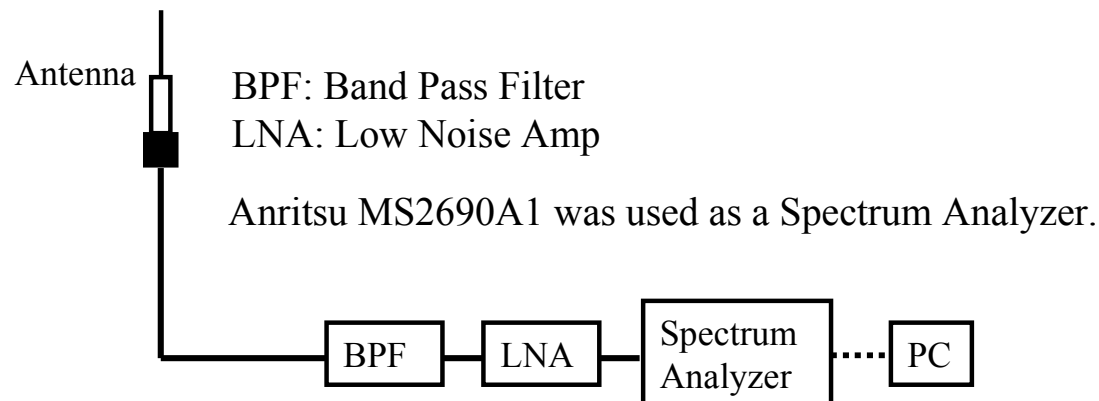
Combinations of BPF and LNA for each measured frequency bands



Example of a measurement site

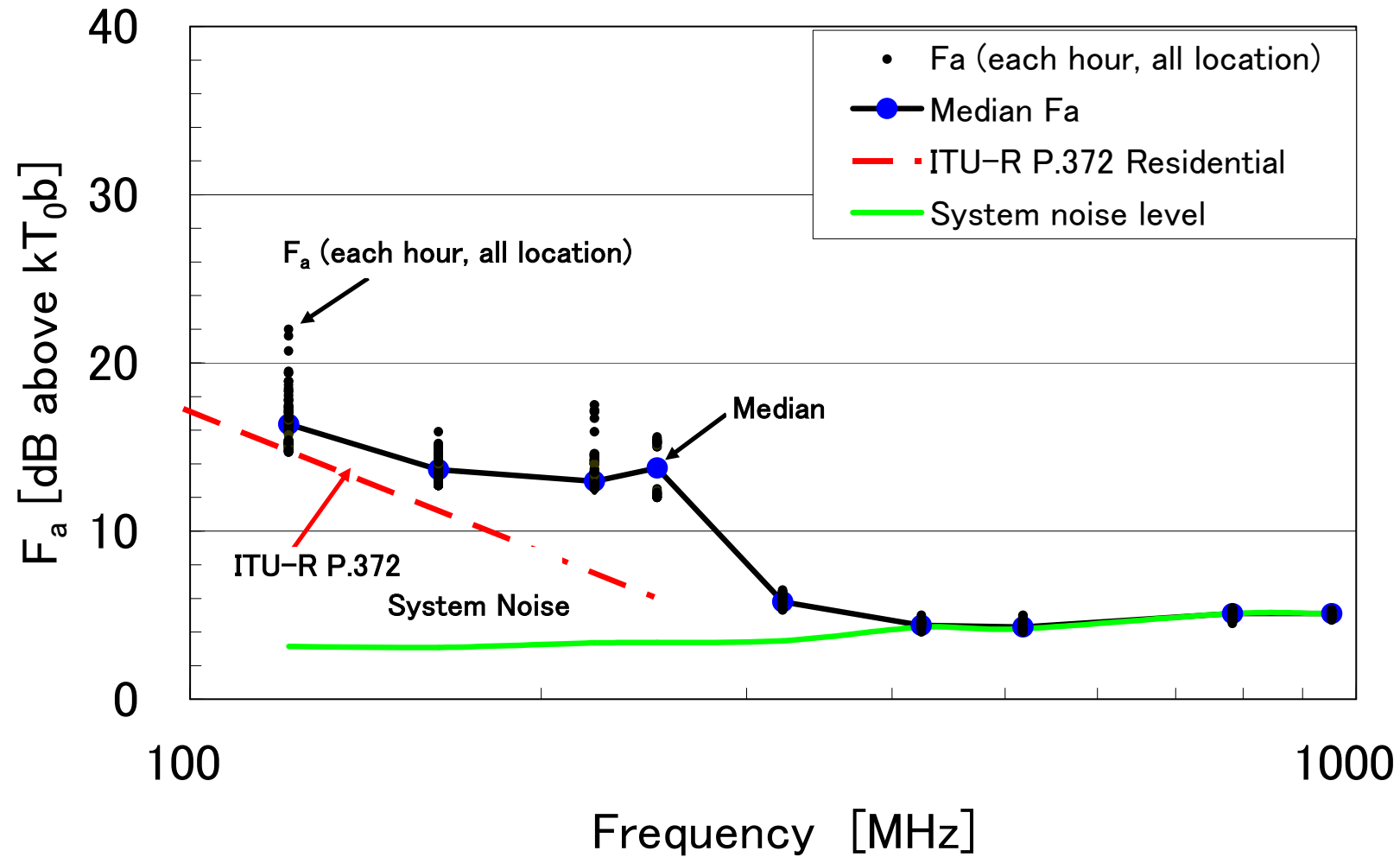
No	Frequency band (MHz)	BPF [Telonic Berkley] [TTF series]	LNA [CERNEX] [CNLU series]
1	121	TTF125-5-5EE	CNLU3U42010 Gain:25.7~25.5dB NF:0.90~0.78dB
2	163	Loss:0.8~0.7dB	
3	222	TTF250-5-5EE Loss:0.9~0.8dB	CNLU7U82010 Gain:25.4~25.8dB NF:0.77~0.76dB
4	251		
5	322	TTF500-5-5EE Loss:1.7~1.4dB	CNLU9U92010 Gain:25.9~25.1dB NF:0.55~0.57dB
6	423		
7	518	TTF1000-5-5EE Loss:0.7~0.6dB	
8	783		
9	953		

Measurement system



# Result of radio noise measured in Residential area in Japan

Document 3L/68



## WP3M(ポイント・ポイント伝搬)関連

### ◆ 3M1「地上回線伝搬」

地上回線伝搬損失推定法勧告P.530の改訂案

OI(Outage Intensity)推定法→簡易推定法が提案

見通し外伝搬特性勧告P.617の対流圏散乱→気候区分見直し

FSOとミリ波併用→データ例の更新

WRPM (Wide Range Propagation Model)

### ◆ 3M2「衛星回線伝搬」

地上-衛星間伝搬損失推定法勧告P.618の改訂

移動衛星伝搬損失推定法勧告P.681の改訂, 遮蔽角

降雨減衰時系列モデル勧告P.1853(3J2と共同)

飛翔体に対する伝搬, UAV (Unmanned Aerial Vehicle), 新Q

### ◆ 3M3「干渉波伝搬」

干渉推定勧告P.452改訂, クラッタ

干渉ハンドブック

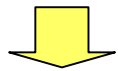
### ◆ 3M4「データバンク」

データバンク入力

データテーブル見直し

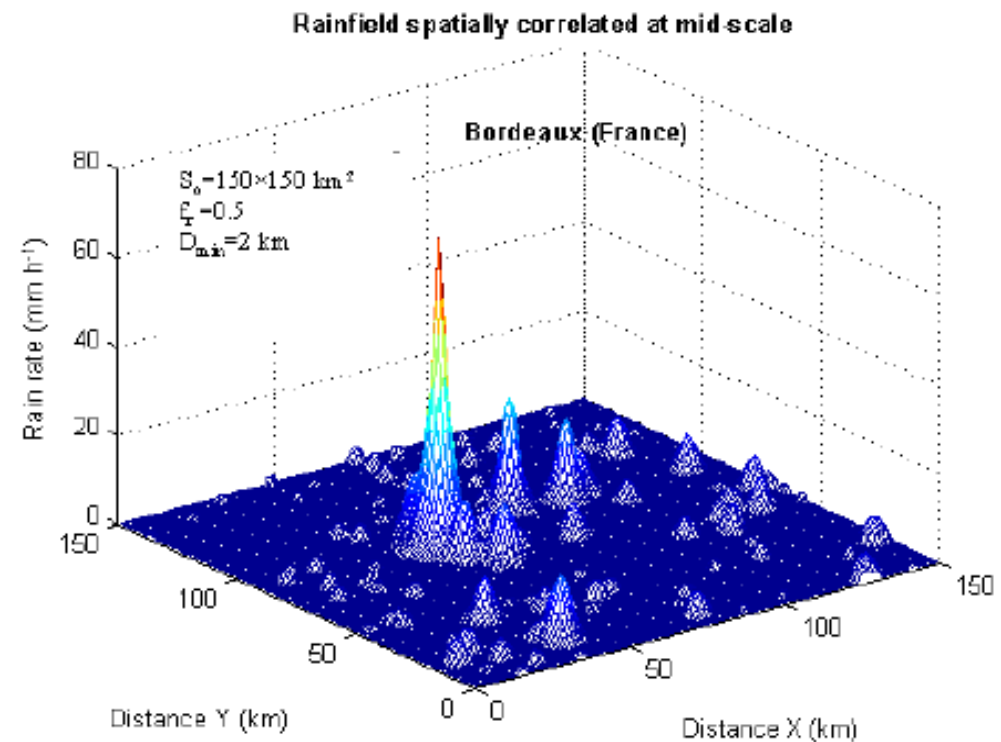
# UAV(Unmanned Aerial Vehicles)に対する伝搬特性推定法

- ・V/UHF帯～Ka帯のLOSおよびNLOS伝搬
- ・対流圏内を飛行するために高い周波数帯では降雨域のサイズや形状等が影響
- ・低仰角では地形の反射や大気屈折率変動によるフェージングも影響



## 新研究課題

Synthesized rain field at mid-scale showing several rain cells with realistic spatial correlation



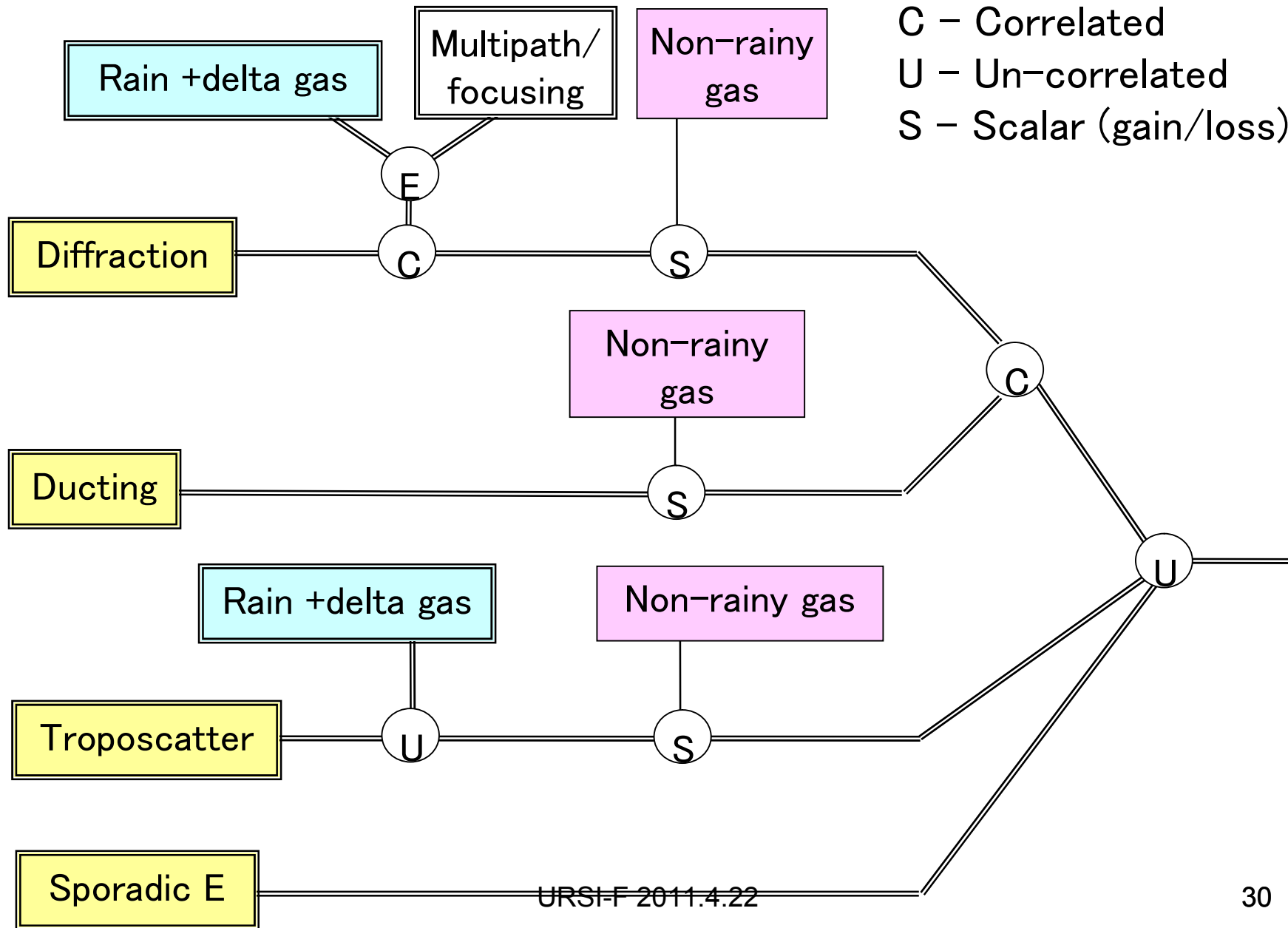
## NEW RECOMMENDATION ITU-R P.[WRPM]

WRPM: Wide range propagation model

- 30 MHz – 50 GHz
- Times from 0–100% of the average year (below 0.001% or above 99.999%)
- Both availability and interference
- Step by step procedure for a computer program
- **Covering the large range of frequencies and path lengths with a single model without any discontinuities**

# The overall model structure

- E – Mutually exclusive
- C – Correlated
- U – Un-correlated
- S – Scalar (gain/loss)



## Digital maps

### Refractivity

Median value of DN	DN_Median.txt	Presented at last SG3 meeting
DN Superior-Slope	DN_SupSlope.txt	Presented at last SG3 meeting
DN Sub-Slope	DN_SubSlope.txt	Presented at last SG3 meeting
Refractivity gradient (65m, 0.01%)	dndz_01.txt	P.453, SG3 Database

### Rain

Probability of rain in 6 hours ( $P_{r6}$ )	Esarain_Pr6_v5.txt	P.837, SG3 Database
$M_t$	Esarain_Mt_v5.txt	P.837, SG3 Database
Beta	Esarain_Beta_v5.txt	P.837, SG3 Database
Zero degree isotherm height ( $h_0$ )	Esa0height.txt	P.839, SG3 Database

### Water vapour

Median surface water vapour density	Surfwv_50.txt	P.836, SG3 Database
-------------------------------------	---------------	---------------------

### Troposcatter

Troposcatter climate zone	ClimateData.txt	New
---------------------------	-----------------	-----

### Sporadic E

Median value of $F_oE_s$	FoEs50.txt	Presented at last SG3 meeting
Not exceeded 10% value of $F_oE_s$	FoEs10.txt	Presented at last SG3 meeting
Not exceeded 1% value of $F_oE_s$	FoEs01.txt	Presented at last SG3 meeting
Not exceeded 0.1% value of $F_oE_s$	FoEs0.1.txt	Presented at last SG3 meeting

3M/125: Index of information documents

3M/126: Modelling of propagation close to the surface of the Earth

3M/127: Development of the ducting and layer reflection model

3M/128: Development of the tropospheric scatter model

3M/129: Development of the sporadic-E model

3M/130: Development of the precipitation model

3M/131: Development of the gaseous absorption model

3M/132: Dealing with non-monotonicity in statistical propagation models

3M/133: Overall model structure and statistical correlations of the sub-models

3M/134: Comparison with measurements and current ITU-R models

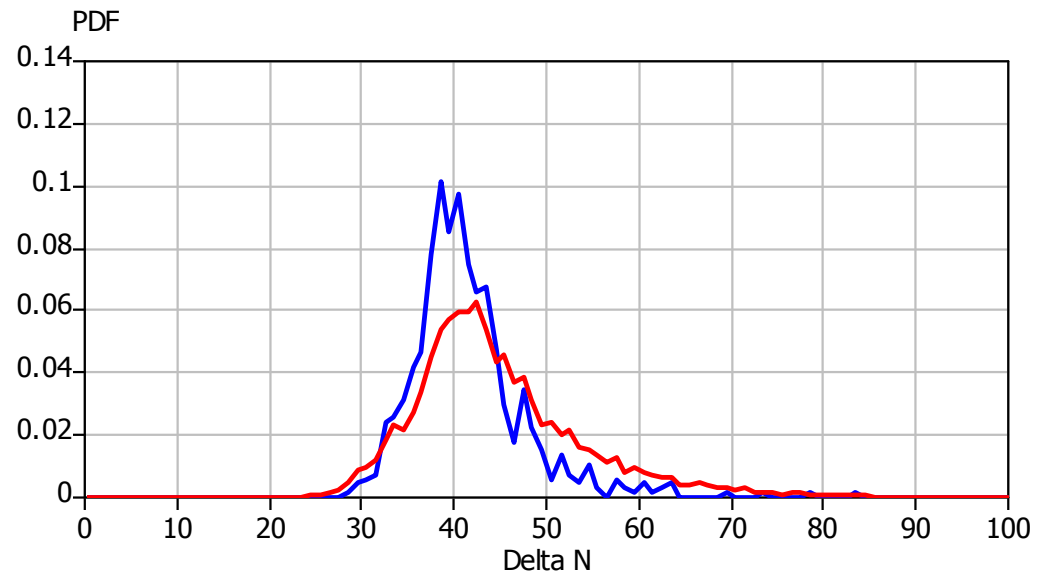
3M/135: Development of the multipath fading model



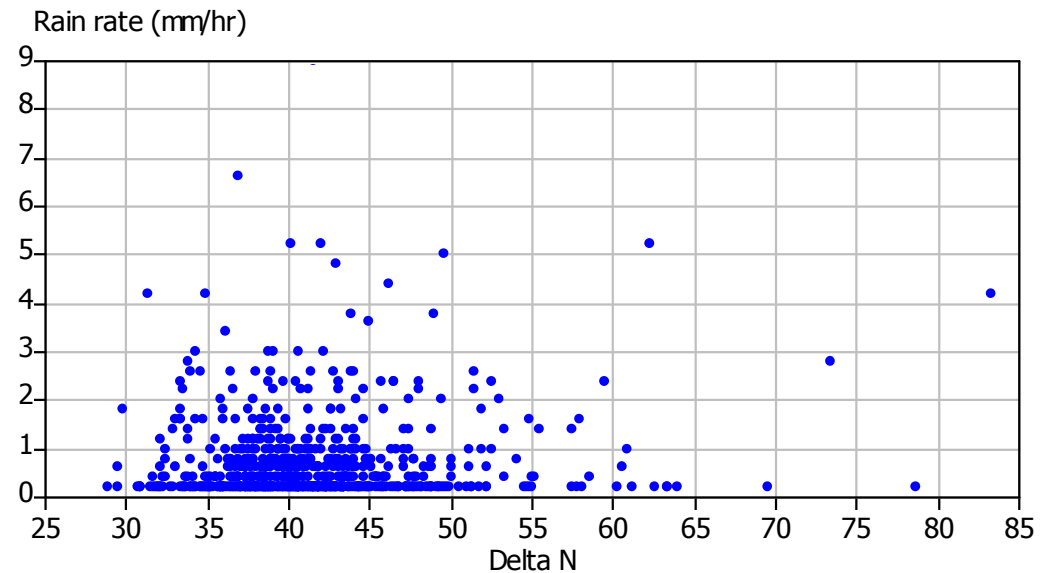
# 3M/133 Model structure and statistical correlations of the sub-models

Hemsby  $\Delta N$ -rain results

(a) Rain (blue) and no-rain (red) PDFs



(b) Rain rate against  $\Delta N$



## 今後の課題

### ◆WP3J

- ・フェードダイナミクス関連項目の勧告化が進む.
- ・建物侵入損失推定法勧告化の推進

### ◆WP3K

- ・時・空間モデル化

発展期. (P.1411のMIMO伝搬モデルの扱い)

- ・伝搬モデルの高精度化(パススペシフィック化も含んで)

### ◆WP3L

- ・長距離電界強度推定法

実測による検証と勧告改訂への反映

- ・雑音

データバンクの充実に伴い, 計算方法の検討などの一般化. インパルス性雑音評価法の検討

### ◆WP3M

- ・干渉評価モデル

共用ケースが増えるとP.452の重要性が増し, いくつか不備な点の改善要.

- ・WRPMの新勧告→検証等に関わる必要あり. 従来のP.530, P.618, P.452を統合する方向性にある. WP3J, 3Kや3Lにも関わってくる.

