

唐沢好男:正員 (株)ケイディディ研究所 E-mail karasawa@lab.kdd.co.jp On a Bridge Connecting "Wave Propagation" and "Systems" in Wideband Mobile-Radio Communications. By Yoshio KARASAWA, Member (KDD R & D Laboratories Inc., Kamifukuoka-shi, 356-8502 Japan).

# <u>ABSTRACT</u>

マルチメディア時代の移動通信において主要な伝搬環境となる仲上―ライスフェージング環境を 取り上げ,広帯域ディジタル伝送特性(符号間干渉誤りや再生ロックのサイクルスリップ)を支配 する伝搬特性のキーパラメータと,これに基づく簡易な伝送路モデル(=等価伝送路モデル)を紹 介する.この一連の解析の過程で浮かび上がる「伝搬」と「システム」のかかわり(=接点)にス ポットを当てる.

キーワード:広帯域移動通信,仲上―ライスフェージング,等価伝送路モデル,符号間干渉,サイ クルスリップ

#### 1. はじめに

移動通信がパーソナル通信やマルチメディア 通信の一翼を担う時代には、そのサービスは地 球上のありとあらゆる生活空間に浸透し、電波 環境はますます複雑多岐になる.また、この環 境が信号強度の低下・波形のひずみ・干渉等に よる伝送特性劣化をもたらし、その現れ方もシ ステム(通信方式等)に依存して多様になる. 信頼性の高い、効率的なシステム設計を行うた めには、密接に関連する「電波伝搬」と「シス テム」の融合領域における研究を通じて、相互 の理解が重要になっている.

本稿では、移動通信が「広帯域化」と「小セ ル化」を指向していることに着目し、(i)そ こで重要なフェージング環境となる仲上―ライ スフェージング環境(レイリーフェージングを 含んでより一般的な環境)を取り上げ、(ii)ディ ジタル伝送上問題となる「符号間干渉誤り」と 「サイクルスリップ」に対するフェージングパ ラメータ依存性を述べる.これを通じて,(iii) 原因(フェージング)と結果(ディジタル伝送 誤り)に本質的に介在するフェージングパラ メータ(=キーパラメータ)を明らかにし,(iv) この性質を利用した等価伝送路モデルとこれに 基づくディジタル伝送特性の汎用推定法を紹介 する.この一連の過程で浮かび上がる「伝搬」 と「システム」のかかわり(=接点)にスポッ トを当てる.

# 伝搬モデル:それは電波伝搬研究の 結晶

伝搬モデルは、電波伝搬の性質をシステム設 計に橋渡しする重要な手段である.そのため、 伝搬モデルには、システムサイドからのニーズ にこたえる機能と、伝搬測定や理論に立脚した 信頼性が求められる.無線通信を対象とする電 波伝搬の研究では、システムの設計に役立つ伝 搬モデルを構築することが究極の目的であると いっても過言ではない.伝搬モデルは電波伝搬

表1 移動通信において電波伝搬モデルに求められる機能とその例 (本稿では網かけ部分のモデル「広帯 域信号の伝送特性評価(I)」に焦点を当てる)

目的	求められる機能	モデルの例
回線設計(稼働率評価)	信号強度の確率分布(場所率,時間率)	<ul> <li>−奥村・秦モデル(マクロセル)</li> <li>−都市構造を考慮したモデル</li> <li>−ストリートセルモデル</li> </ul>
狭帯域信号の伝送特性評価	指定の確率分布(レイリー分布等),スペ クトル(ドップラー特性)に従う時系列変 動	- レイリーフェージングモデル - 仲上 - ライスフェージングモデル(いず れも1 波のモデル)
広帯域信号の伝送特性評価(1) (符号間干渉誤り,サイクルスリッ プ誤り等の評価)	遅延スプレッド等評価に重要なパラメータ が表現できれば、必ずしも厳密なモデルで なくてもよい、目的とする評価が高精度で できればよい。	- 2 波モデル マルチパスモデル - 等価伝送路モデル(仲上 ライスフェー ジング)
広帯域信号の伝送特性評価(Ⅱ) (広帯域 CDMA 等)	インパルス応答とその時間変動.RAKE 合成等遅延時間領域での処理が高精度でで きること.	- ポアソン過程に基づくパス発生・消滅シ ミュレーションモデル - レイトレーシングモデル
アダプティブアンテナの動作特性評 価	狭帯域信号では到来波の空間的広がり、広 帯域信号では到来波の空間および遅延の広 がり、時間的な変動、	(上記を含み目的に応じて多様)

研究の結晶である.

表1は移動通信において伝搬モデルに求めら れる機能とその実現例を示している.移動通信 の伝搬路は、ドップラー・到来角度・遅延とい う周波数・空間・時間領域に対応する量に広が り(スプレッド)をもつことを特徴としており、 どの量に着目するかで選択するモデルが異なっ てくる.表中に例として示した各モデルの多く は電波伝搬の教科書で述べられている<sup>(1),(2)</sup>ので 一つ一つの説明は割愛する.CDMA 方式等新 しい方式の伝送特性評価にはそれに適したモデ ルが必要になり、その分野の研究も進んでい る<sup>(3),(4)</sup>.本稿では、表1の「広帯域信号の伝送 特性評価(I)」に焦点を絞り、伝送特性推定 に力を発揮する等価伝送路モデル<sup>(5)-(7)</sup>を紹介す る.

## 移動通信の電波伝搬環境:なぜ仲上 一ライスフェージングか?

これまで,移動通信の電波伝搬研究では自動 車電話の環境を対象とすることが主であったた め,直接波が見通せない周囲から不規則に変動 する多数の電波(反射波,散乱波,回折波等) が到来する,いわゆるレイリーフェージング環 境が取り扱われ、これが伝搬モデルや実験デー タ取得の際の指導原理となっている<sup>®</sup>.

本稿ではマルチメディア時代の移動通信の主 要な環境になると予想される仲上―ライス フェージング環境にスポットを当てる.この フェージング環境はレイリーフェージング環境 に定常波(通常は直接波)が一つ加わった環境 で,見通し内伝搬環境を代表する.図1は仲上 ―ライスフェージングが現れやすい通信環境の 例である.広い意味での仲上―ライスフェージ ングは,定常波の振幅がゼロに対応するレイ リーフェージングをも含むため,このモデルに よって移動通信の大部分の伝搬環境が表現でき る.

マルチパス伝搬によって生じる遅延時間の広 がりが、伝送信号のシンボル長に対して無視で きない大きさになると、広帯域であることに起 因して発生する誤り(信号強度を強くしても減 少しない誤り)が伝送特性の劣化をもたらす. 本稿で取り上げる符号間干渉誤りやサイクルス リップがそれである.このような誤りが発生す るときの伝搬路の周波数特性(伝達関数)は、 伝送信号の帯域内での一様性がなくなり、周波 数選択性フェージングとよばれている.



図1 仲上一ライスフェージングが現れる通信環境の例 レイリーフェージング環境は、図で直接波(太い矢印)が無視できる環境、広義の仲上一ライスフェージング はレイリーフェージングを含んで、より一般性に富む.

以下では、仲上―ライスフェージング環境に おける周波数選択性フェージング広帯域ディジ タル伝送特性に及ぼす影響を調べることによっ て、「伝搬」と「システム」の境界領域に迫る.

# 符号間干渉誤りとサイクルスリップ 現象論的アプローチ

サイクルスリップの話から入りたい.サイク ルスリップという言葉は同期はずれの現象一般 に対して広く使われるが,ここでは,再生クロッ ク信号(=サンプルタイミング信号)が信号系 列のタイミングと1シンボル以上にわたってず れていく現象を取り上げ,これをサイクルス リップとよぶ<sup>(9),(10)</sup>.遅延の広がり(到来時間 の差)がディジタル信号の1シンボル長より十 分小さい場合でも発生するところに不思議があ る.

一つの例を示す. BPSK 方式で連続したデー タを伝送するとしよう. 受信機のクロックは帯 域が制限された受信信号の包絡線変動からその 周波数成分を狭帯域フィルタで抽出し再生する 方式(=アイパターンのアイが最も開いている タイミングにサンプリングがなされるようにク ロック再生回路が働く)を考える.このとき, その遅延がわずかにずれている2波があり図2 (c)のような推移をするとしよう.実際には, フェージングの変動の速さは情報の変化速度に 比べてかなり遅く,かつ,クロックの抽出も狭 帯域フィルタで決まる帯域以上の速さには追従 しないので,図の例は時間的に誇張があること を知った上で見てほしい.二つの波の搬送波の





位相が同相 ( $\phi_2 - \phi_1 = 0$ ) の場合はサンプルタ イミングは図2(a) のように推移し,何ごと も起らない.では,逆相の場合(180°) はどう であろうか?アイパターンのアイが最も開いて いる(ように見える) タイミングにサンプリン グが行われ同図(b)のように推移する.初め (シンボル:a)と終り(シンボル:k)のサン プルタイミングはぴったりと最適位置に入って いるのに,同図(b)ではサンプル数が一つ多 い.微視的にみれば情報シンボルfのところで サイクルスリップが起きたことになる.サンプ ル数が一つ少なくなる別のケースもある.この ように,サンプルタイミングと信号のタイミン グが1シンボル以上にわたってずれる現象がサ イクルスリップである.これは,受信機がフェー ジングにだまされた結果である.

サイクルスリップは復調データ系列にスリッ プが生じることになるので,誤り訂正が効かず 次の符号同期が確立されるまでバースト的に誤 る.システムに与えるインパクトや対策は通信 方式によって異なるものとなり,個別の検討が 必要である.

図3は2波モデルにおいて、フェージングの 状態を表すダイヤグラムである.縦軸は2波の 位相差 $\phi(\equiv \phi_2 - \phi_1)$ , 横軸は2波の振幅比 $r(\equiv r_2/r_1)$ である. 図中の●印は二つの特異点で、  $r=1, \phi=\pi(1\pm\Delta\tau/T_s)$ にある.  $\Delta\tau$ は2波の遅 延差( $\equiv \tau_2 - \tau_1$ ),  $T_s$ は変調信号のシンボル長 である.理論解析やシミュレーションによって、 二つの特異点を両端とする線分上をフェージン グの状態が交差するときサイクルスリップが発 生することが明らかになっている<sup>(10)</sup>. フェージ ングの状態がAからBに変る場合, パスaで はサイクルスリップは発生せず, パスbでは 発生する.

一方,広帯域信号伝送時の誤りとして,符号 間干渉誤りはよく知られている.これは,遅延 の広がりによって,一つのサンプル値に前後の シンボルの情報が干渉して誤りを生じさせるも



図3 2波モデルにおけるサイクルスリップの発生条件 サイクルスリップはフェージングの状態が特異点間を結ぶ線 分を交差するとき発生する.特異点では、帯域制限信号の包 絡線変動にクロック周波数成分が消えてしまう.

のである. 図4は, 遅延検波  $\tau/4$  シフト QPSK の場合の2波モデル ( $\Delta \tau/T_s = 0.2$ ) における符 号間干渉誤りの発生率をマップの形で示してい る<sup>(5)</sup>. 計算機シミュレーションによって求めて いる. 符号間干渉誤りが発生しやすい状態では サイクルスリップもまた発生しやすいことがわ かる. なお, このマップは, 通信方式や検波方 式によって, 様々な形になる<sup>(5)</sup>.

2波モデルの例を述べたが、もっと一般的な 遅延プロファイルをもつ環境ではどうであろ か?これについては、様々なプロファイルを用 いた符号間干渉誤りやサイクルスリップの計算 機シミュレーションの結果から、遅延の大きさ が変調信号のシンボル長 T<sub>s</sub>に比較してある程 度小さいという条件で、次の重要な性質が得ら れている<sup>(5).(6)</sup>.

「仲上―ライスフェージングの遅延プロファ イルを規定する種々のパラメータのうち.

- (i) 散乱波の平均電力と定常波電力との比
   : s<sup>2</sup>
- (ii) 定常波の遅延を基準とする散乱波の平
   均遅延量: τ<sub>m</sub>
- (iii) 散乱波の遅延スプレッド(遅延量の標 準偏差):σ<sub>τ.R</sub>

の三つのパラメータ値のセットが同じである フェージング環境では、同じ伝送特性となり、 プロファイルの形状には依存しない、|次章で



図4 2波モデルにおける符号間干渉誤りの発生領域 変 復調方式や検波方式によって、パターンが異なる.このケー スでは、特異点はφ=144°と216°にあり、サイクルスリップ の発生領域とほぼ同じ領域で符号間干渉誤りが生じている.

はこの性質を掘り下げる.

#### 5. キーパラメータと等価伝送路モデル

2波モデルの場合は図3,図4に示したよう に、サイクルスリップや符号間干渉誤りの発生 メカニズムがうまく説明ができる.では一般的 なマルチパス環境ではどうであろうか?

移動通信伝搬環境の時々刻々の特性は図 5 (a)のような伝送路のインパルス応答 h(τ, t)で表される. 周波数領域での伝送路表現で ある周波数伝達関数 T(f,t) はインパルス応答 のフーリエ変換で与えられる.

遅延の広がりが余り大きくならない範囲で は、搬送波周波数(等価低域系の表現では*f*= 0)の付近での伝達関数の形に大きく支配され る.遅延量の異なる*N*波で構成されるモデル では*f*=0において*N*-1次までの導関数を一致 させる近似が可能であるが、最もシンプルでか つ意味を失わない近似は*N*=2である.図5 (c)は2波モデルにおいて*T*(*f*,*t*)とその一 次微分が*f*=0において実際の環境(図5(a)) での値に等しくなるように決定した例である. この近似した2波モデルともとの環境での符号 間干渉誤りやサイクルスリップの発生に同時性 があることはシミュレーションで確認されてい る<sup>(7)</sup>.  $\Delta \tau$ の決定には自由度があるが,統計的 に2波の変動が無相関となるように設定するの が自然である. このとき,  $\Delta \tau$ および散乱波に 対応する2波の平均電力 $P_{R1}$ ,  $P_{R2}$ は直接波電 力 $P_D$ に対して,

$$\Delta \tau = \frac{\sigma_{\tau,R}^2 + \tau_m^2}{\tau_m}, \quad \frac{P_{R1}}{P_D} = \frac{s^2 \sigma_{\tau,R}^2}{\tau_m^2 + \sigma_{\tau,R}^2},$$
$$\frac{P_{R2}}{P_D} = \frac{s^2 \tau_m^2}{\tau_m^2 + \sigma_{\tau,R}^2} \tag{1}$$

となる<sup>(1)</sup>. 振幅変動が仲上―ライス分布する フェージングを仲上―ライス分布する先行波と レイリー分布する遅延波に分解した構造をもつ モデルである.

一方,遅延プロファイルはインパルス応答の 電力平均として与えられ(図5(b)),このプ ロファイルから,三つのパラメータ $s^2$ , $\tau_m$ ,  $\sigma_{\tau,R}$ が一致するようにプロファイルを等価変換 して2波モデルを作ると,そこに現れる $P_D$ ,  $P_{R1}$ , $P_{R2}$ , $\Delta \tau$ の決定は式(1)と同じになる. このことから,図5(d)のプロファイルは同 図(b)からも,(c)からも矛盾なく導くこ



図5 仲上―ライスフェージングの等価伝送路モデルとその理論的基礎 (a)→(b)→ (d) でも、(a)→(c)→(d) でも同じモデル(=等価伝送路モデル)が得られる.

電子情報通信学会誌 8/'98

とができる. この2波モデル (同図 (d)) は 仲上—ライスフェージングを簡易に表すモデル であり,筆者らはこれを「等価伝送路モデル」 とよんでいる<sup>(5)</sup>. また,そこに現れる三つのパ ラメータ  $s^2$ ,  $\tau_m$ ,  $\sigma_{\tau,R}$  は任意のプロファイルに対 して共通に表されるものであり,「キーパラメー タ」とよんでいる. なお,サイクルスリップの 場合には時間変動のパラメータ:最大ドップ ラー周波数  $f_D$  もキーパラメータである.

### 広帯域ディジタル伝送特性:一般化 へのアプローチ

遅延の広がりがシンボル長に比べて、ある程 度小さいとき、任意の形の遅延プロファイルで 表される仲上―ライスフェージング環境が、等 価伝送路モデルに帰着できることを述べた.こ れから、次の論理が成立する.「広帯域ディジ タル伝送特性を等価伝送路モデルによって理論 的に求めることができれば、そこに現れる2波 モデルのパラメータを式(1)の関係式により キーパラメータで置き換えることによって、任 意の遅延プロファイルに対応可能な一般式が得 られる.」

以下この論理で,サイクルスリップと符号間 干渉誤りフロア値推定のための論理式を得る方 法のポイントを述べる(導出の詳細は文献(5), (6)を参照されたい).

• サイクルスリップの発生頻度

サイクルスリップの発生頻度がキーパラメー タのみに依存するという性質を利用して,まず, 図5(d)の2波で構成される等価伝送路モデ ルで論理を組み立てる.図3から明らかなよう にサイクルスリップの発生頻度は図中の特異点 を結ぶ線分と状態(r,φ)の軌跡が交差する回 数(単位時間当り)を求めることになるので, 確率過程におけるレベル交差問題に帰着でき る.等価伝送路モデルの先行波と遅延波は無相 関に変動するので,位相差φは0~2πにわた り一様に分布する.この場合,単位時間に二つ の特異点を結ぶ線分と交差する回数(N<sub>s</sub>)は, 2波がレベル交差する回数をN<sub>r=1</sub>とすると次 式で与えられる.

 $N_s = N_{r=1} \cdot \Delta \tau / T_s \tag{2}$ 

 $N_{r=1}$ はそれぞれの振幅の確率密度分布とドッ プラースペクトル関数が既知であれば、2波モ デルを規定する  $P_{D}$ ,  $P_{R1}$ ,  $P_{R2}$ ,  $\Delta \tau$  の関数として、 理論式が得られる.  $N_{r=1}$ が求められれば上式 より  $N_s$ が得られる. この2波モデルのパラ メータを式(1)によってキーパラメータで置 き換えると、この理論式はプロファイルの形を 超えて適用できる一般式(のはず)である. 結 果として、 $N_s$ は電波伝搬の四つのキーパラメー タ( $s^2$ ,  $\tau_m$ ,  $\sigma_{\tau,R}$ ,  $f_D$ )と一つのシステムパラメー タが分離された形になっている(関数形略)<sup>(6)</sup>.

符号間干渉誤りのフロア値

フェージングによる時間的な変動がデータの 伝送速度に比較して十分遅い場合には,等価伝 送路モデルでの符号間干渉によるビット誤り率 (*BER*<sub>ISI</sub>) は以下の基本式で与えられる.

$$BER_{ISI} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} f_r(r,\phi) E(r,\phi;\Delta\tau) dr d\phi$$
(3)

ここで $f_r$ はフェージングの状態を表す $r \ge \phi$ の結合確率密度関数 (PDF) であり, Eは2波 モデルのフェージングパラメータである ( $r, \phi$ ,  $\Delta \tau$ )を関数とするビット誤り率である.以下 では $\Delta \tau$  を一定として $r, \phi$ の関数として求めら れた BER の二次元表示 [ $E(r, \phi; \Delta \tau)$ ]を[BER マップ]とよぶ.図4に示したものはその一例 である. $f_r$ はサイクルスリップのときと同様に キーパラメータ ( $s^2, \tau_m, \sigma_{\tau,R}$ )のみで表現できる (式略)<sup>(5)</sup>.この意味するところは以下のように 整理される.

- (i) 電波伝搬の現象はキーパラメータを介して f, で表現される.この f, は通信方式に依存しない.
- (ii) それぞれの通信方式(変復調方式,検 波方式,クロック再生方式,送受信フィル タ特性等)の特性を BER マップで表現す る.この BER マップは伝搬状態の確率分 布には依存しない.

- (iii) 平均 BER は f, と BER マップが得られ
   れば式(3) によって求められる.
- (iv) これによって「伝搬」と「システム」は完全に分離されたことになる.

BER マップは電波伝搬と切り離して取り扱 えるので,通信方式ごとに,かつ,適当な範囲 のΔτに対して事前にデータベース化しておけ ば,以後,任意の伝搬環境に対する計算に共通 に利用できるメリットがある.

#### 7. 電波伝搬とシステムの接点

周波数選択性フェージング下でのディジタル 伝送特性の解析を通じて「電波伝搬」と「シス テム(通信方式)」の接点を追求した.そして、 上述のとおりその接点はかなり明確に絞り込ま れたと確信する. すなわち符号間干渉誤り特性 を求める場合。(i) 電波伝搬からはキーパラ メータとそれに基づく2波モデル, (ii) 通信 方式からは BER マップが両者の接点となって、 式(3)で結ばれることである.また、サイク ルスリップの場合には(ii)の代りに,(iii)2 波のレベル交差問題に帰着でき式(2)でその 発生回数が求められる.図6はこの関係をまと めている.前述のとおり、BERマップそのも のは変復調方式のみならずクロック再生方式や サンプルタイミング設定の仕方あるいは個々の 装置の性能に依存するが、同図に示した電波伝 搬とシステムの関係は種々の伝搬環境・種々の 変復調方式に対して普遍的なものであると思わ れる.



「〇〇伝搬環境における××方式の伝送特性」

図6 広帯域ディジタル伝送特性に着目した電波伝搬とシス テムのかかわり

というテーマは○○と××の組合せによって多 岐にわたるが,底辺のある法則は一つと確信す る.「伝搬現象に対する装置の反応もまた物理 現象である」とは,一本分野で先駆的な研究をさ れている池上文夫京都大学名誉教授の言葉であ るが<sup>(11)</sup>,筆者はこれら一連の解析を通じて, この思想に強い感銘を受けている.

#### 8. おわりに

マルチメディア時代の移動通信の伝搬環境と して重要な仲上―ライスフェージング環境を取 り上げ,広帯域ディジタル伝送特性を支配する フェージングのキーパラメータと,これに基づ く簡易な伝送路モデル(=等価伝送路モデル) を紹介した.この一連の解析を通じて,複雑に 関係する移動通信の電波伝搬とシステムの双方 を可能なかぎり分離し,そのような状況で結び つく接点を追及してきたが,そのポイントはか なり絞り込まれたと確信する.

但し,表1に示したように,ここで解説した 範囲は,電波伝搬環境においても,通信方式に おいても限られたものであって,広帯域移動通 信伝搬モデルの研究という点ではまだ入り口で ある.電波伝搬研究とシステム研究の境界領域 に位置する本分野について,本稿が議論の緒と なれば幸いである.

- 文 献
   (1) 進士昌明(編), 無線通信の電波伝搬, 電子情報通 信学会, 1992.
- (2) J.D. Parsons, The mobile radio propagation channels, Pentech Press, 1992.
- (3) H. Jwai, and Y. Karasawa, "Wideband propagation model for the analysis of the effect of the multipath fading on the near-far problem in CDMA mobile radio systems," IEICE Trans. Commun., vol.E 76-B, no.2, pp.103-112, 1993.
- (4) T. Inoue, and Y. Karasawa, "Two-dimensional RAKE reception scheme for DS/CDMA systems in beam space digital beam forming antenna configuration," IEICE Trans. Commun., vol.E81-B, no.7, pp.1374-1383, July 1998.
- (5) Y. Karasawa, T. Kuroda, and H. Iwai, "The equivalent transmission-path model," IEEE Trans. Veh. Technol., vol.47, no.1, pp.194-202, 1997.
- (6) Y. Karasawa, T. Kuroda, and II. Iwai, "Analysis of cycle slip in clock recovery on frequency-selective Nakagami-Rice fading channels based on the equiva-

lent transmission-path model," IEICE Trans. Commun., vol. E 79-B, no. 12, pp. 1900-1910, 1996.

- (7) II. Iwai, and Y. Karasawa, "The theoretical foundation and applications of equivalent transmission-path model for assessing wideband digital transmission characteristics in Nakagami-Rice fading environments," IEICE Trans. Commun., vol.E 79-B, no.9, pp.1205-1214, 1996.
- (8) W.C. Jakes, ed., Microwave mobile communication, IEEE Press, 1993 (1974 年の復刻版).
- (9) S. Yoshida, S. Onoe, and F. Ikegami, "The effect of sample timing on bit error rate performance in multipath fading channel," IEEE Trans. Veh. Technol., vol.VT-35, no.4, pp.168-174, 1986.
- (10) Y. Karasawa, T. Kuroda, and H. Iwai, "Cycle slip

in clock recovery on frequency-selective fading channels," IEEE Trans. Commun., vol.45, no.3, pp.376-383, 1997.

 (11) 池上文夫,"伝搬研究の変化と進展,"信学技報, A.P 92-47, pp.45-48, 1992.



#### 唐沢 好男 (正員)

昭48山梨大・工・電気卒,昭52京大大学院修 士課程了,同年 KDD 入社,以来,同研究所にお いて無線通信の電波伝搬およびアンテナの研究に 従事,平5(株)国際電気通信基礎技術研究所 (ATR)に出向,現在,(株)ケイディディ研究 所主幹研究員,工博,昭57年度学術奨励賞,平 10電波功線賞受賞,



シンカホール. セッション数および論文数:22 セッション,招待講演6 件,一般講演53 件

Proceedings 発行所:IEEE Computer Society Press 主たるトピックス

ISMVL '98 は最新の多値論理技術の議論を行う目的で, 九工大笹尾教授をシンポジウムチェアとして,福岡で開催 された.今回で日本での開催が3度目となる.

6件の招待講演は、ポストギガビットDRAM実現 (NEC), FPGAへの挑戦(トロント大),メモリテクノロジー (トロント大),インテリジェント電子システムのデバイス (東大),多値超構造理論(モントリオール大),ウェーブレットニューロン(九工大)に関する講演で実際のシステム実現の講演が目立った.

一般講演セッションの構成は以下のとおり.

論理設計, VLSI 回路, 代数が各2セッション, デバイス, セルラアレーとフォールトトレランス, 決定グラフ, 論理, 多値論理応用, 遺伝的アルゴリズム, 論理簡単化, ファジー 理論, ファジー応用, クローン理論が各1セッション.

一般講演の特徴としては、1.実際の回路作成のコスト あるいは決定グラフをもとにした論理設計、2.現実性を おびた多値回路、3.エキスパートシステムへの応用,が 挙げられる。両セッション合わせて、日本人の講演が30 件と約半数を占めたが、カナダ、ドイツ、アメリカの研究 者が積極的に参加し、この分野での日本のイニシアチブを 示すものとなった。また、本会議の前日(26日)に東北 大の羽生助教授が現在の多値のトピックスに関する議論と 若手研究者の育成をねらいとして7th International Workshop on Post-Binary ULSI Systems を開催し、多値の理論, 決定グラフ、テスト理論について活発な議論がなされた。

次回の ISMVL '99 はドイツで開催予定である. IEEE MVL-TC については http://www.himeji-tech.ac.jp/proj/ MVL.html を参照されたい.

(執筆者 畑 豊:正員 姫路工業大学工学部情報工学科)

Vol. 81, No. 8