OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ATM網に対する無線可変容量伝送方式適用の検討
Author(s)	大内, 幹博; 李, 嬉珍; 小牧, 省三 他
Citation	電子情報通信学会論文誌. B-II, 通信II-無線通信・無線応用. 1993, J76-B-II(8), p. 661-668
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3368
rights	copyright©1993 IEICE
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

論　文

ATM網に対する無線可変容量伝送方式適用の検討

准　員　大内　幹博[†]　　正　員　李　嬉珍[†]
正　員　小牧　省三[†]　　正　員　森永　規彦[†]

Proposal for Modulation Level Controlled Radio System Applied to ATM Networks

Mikihiro OHUCHI[†], *Associate Member,* Hee-Jin LEE[†], Shozo KOMAKI[†] *and* Norihiko MORINAGA[†], *Members*

あらまし　本論文は，変調多値数を制御する可変容量無線伝送路をATM網に適用した場合のセル廃棄率改善効果を明らかにしたものである．本方式は，多値数を制御することより，総合の伝送容量を増加できるため，ATM網で発生するトラヒック変動の吸収効果が高く，セル廃棄率を低減可能である．本方式に対する定量的な解析を行った結果，固定容量伝送方式を用いた場合に比べ，数百倍～数千倍，これまでに提案されているバーチャルパス容量制御に比べ，数倍～数千倍の改善効果を有していることが明らかになった．

キーワード　ATM，セル廃棄，可変容量，バーチャルパス，フェージング

1. まえがき

現在，音声通信，データ通信，画像通信などのマルチメディアサービスを統一的に扱うB-ISDN(広帯域ISDN)の実現に向けて，ATM(Asynchronous Transfer Mode：非同期転送モード)技術を前提とした伝送方式，およびフレームリレー等の検討が進められている．ATMにおいては，情報送出要求に基づき固定長のセルを非同期的に送出するため，従来のSTM(Synchronous Transfer Mode：同期転送モード)に比べて情報源そのもののトラヒック変動が大きくなり，セルトラヒックが集中した場合には，セルの一部が廃棄されるという問題が生じており，さまざまなトラヒック制御が提案されている[(1)]．また，B-ISDNでは，取り扱うサービスが多種多様となる上に，各種サービスの需要予測はいっそう困難となる．従って，予測誤差を考慮し，マージンをもたせた従来の設備設計の考え方を適用することは容易ではない．

これらの問題に対して，バーチャルパス(VP：ATM交換機間に張られる論理的な直通リンク)の容量をダイナミックに変更することにより，設計時の需要予測からの誤差や，日常のトラヒック変動をネットワーク全体で吸収する，バーチャルパス容量可変制御が提案されている[(2),(3)]．しかし，従来の伝送路においては，ネットワークの総伝送容量が一定であるため，VP容量の総量を一定とする必要がある．このため，トラヒック量の変動によって，伝送すべきトラヒックの総量がネットワークの総伝送容量を上回る場合には，このVP容量制御を用いた場合でも，ネットワーク全体でトラヒック変動を吸収しきれずに，セル廃棄が生じ，伝送品質が低下する．

ところで，無線伝送路においては，フェージングによって伝送路の瞬断が生じるが，一般に，通信で使用する場合，瞬断率は1/1,000～1/10,000程度の極めて小さな値となるように，送信電力に十分なマージンをもたせて設計を行っている．従って，残りの999/1,000～9,999/10,000の時間においては，受信電力は極めて大きな値を有しており，無線伝送路は，通常設計されている変調多値数と比べて，はるかに大容量の通信ができる能力を有している．この特性を利用し，発生するトラヒック量に応じて変調多値数を制御する無線可変容量伝送方式が提案されている[(4)～(6)]．この方式は，トラヒック変動の吸収能力に優れ，従来の設計多値数に固定したままで伝送を行う方式と比較して，最大伝送容量を1.5～3倍に増大できる[(4)]．更に，大部分の時間においては，トラヒック量が少なく，この場合

† 大阪大学工学部通信工学科，吹田市
Faculty of Engineering, Osaka University, Suita-shi, 565 Japan

には変調多値数を通常よりも大幅に小さくできるため，伝搬路で厳しいフェージングが発生しても，それによる影響を無視できる．従って，この方式では，変調多値数をトラヒック量のみによって決定するため，伝搬路におけるフェージングの状況を受信側で検出し，送信側にフィードバックする必要がない．

本論文では，ATM網に変調多値数を制御する無線通信方式を適用した場合のセル廃棄率を定量的に明らかにし，セル廃棄率に対する検討を加えている．また，従来から提案されているVP容量制御との比較を行い，本方式が大きなセル廃棄率低減効果を有し，無線ATM伝送において有効な制御法であることを明確にする．

2. 無線VP可変容量伝送方式の動作概要

無線ATM伝送において，発生したトラヒックが相手に届かない主な原因としては，

（a） 伝送すべきトラヒック量が変動し，トラヒックピーク時に伝送路または交換機の容量を超えたことによって生じるセル廃棄(トラヒックセル廃棄)

（b） 伝送路において発生するフェージングによる瞬断が原因となって生じるセル廃棄(瞬断時セル廃棄)

の二つが挙げられる．

無線ATM伝送におけるVP容量固定伝送の概念図を図1(a)に示す．この方式においては，図に示すように，各VPの容量は時間的に固定されて伝送が行われる．徒って，例えばVP 2のトラヒック量が増加してセル廃棄が生じやすい状況にあり，一方，VP 3のトラヒック量が少なく，容量に余裕がある場合においても各VPの容量を固定して伝送を行う．それ故，ネットワーク全体として，セル廃棄が生じやすい状況にある．

これに対して，従来提案されていたVP容量制御を無線ATM伝送に適用した場合(図1(b))には，トラヒック変動に応じて，セル廃棄率を最小とするように各VP容量の可変制御が行われる．しかしながら，総合VP容量(伝送容量)が固定されているため，ネットワーク全体のトラヒック量が増加して，総合VP容量を上回る場合にはセル廃棄が生じる．また，あるVP(例えばVP 2)のトラヒック量の増大に応じてVP 2

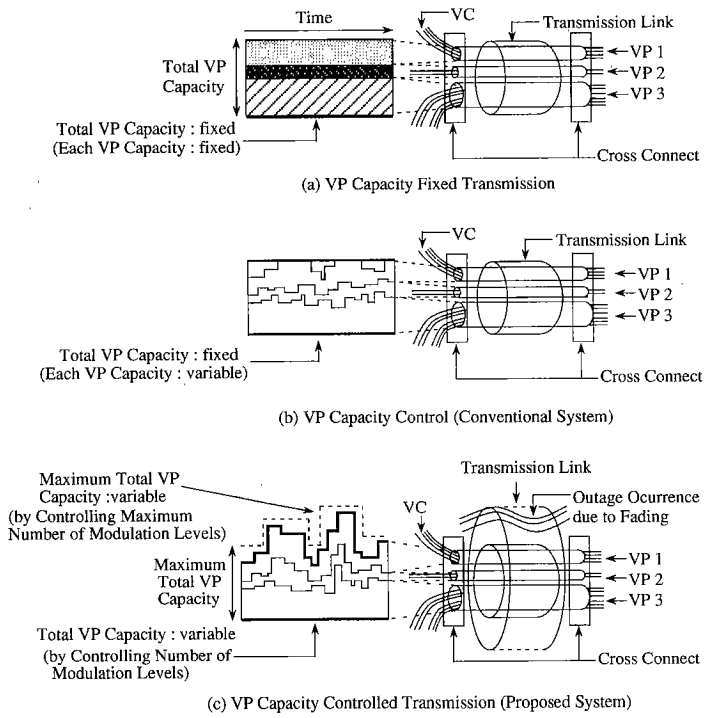

図1 無線VP可変容量伝送方式の概念図
Fig. 1 Concept of VP capacity controlled transmission on radio channel.

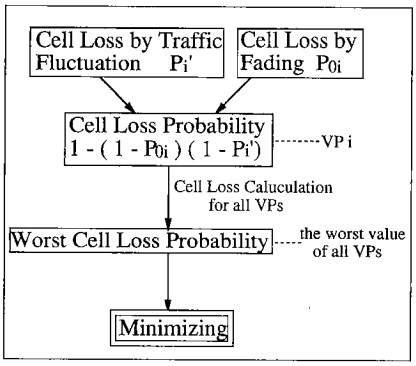

図 2 無線 VP 可変容量伝送方式の制御目標
Fig. 2 Control object of VP capacity controlled transmission on radio channel.

の容量を増加させると，他の VP(VP 1, 3)の容量を減らさなければならなくなる．すなわち，ある VP の容量増加の代償として，他の VP の容量を減少させる必要がある．

一方，本論文で提案する無線 VP 可変容量伝送方式では，図 1 (c)に示すように，各 VP の容量制御を行うと共に，最大変調多値数を制御することにより，無線帯域幅は一定のままで，最大総合 VP 容量の可変制御も行う．従って，ある VP の容量を増加させても他の VP の容量を減らす必要がなく，ネットワーク全体として，トラヒック量の増加を吸収することができる．また，トラヒック量が少ないときには，変調多値数を小さくすることにより，無線伝送路におけるフェージング等の異常伝搬に対する耐力を向上することができる．

パス i に対するトラヒックセル廃棄率を P_i'，瞬断時セル廃棄率を P_{0i} とすると，トラヒック量の発生確率とフェージングの発生確率が互いに独立であるとした場合，パス i の疎通率 P_i は，

$$P_i=(1-P_{0i})(1-P_i') \qquad (1)$$

で表される．従って，パス i のセル廃棄率 B_i は，

$$B_i=1-P_i=1-(1-P_{0i})(1-P_i') \qquad (2)$$

となる．本方式では，図 2 に示すように，各々の VP のセル廃棄率の最悪値で定義する最悪セル廃棄率を最小化することに制御目標をおく．

3. 解析モデル

3.1 トラヒックモデル

各交換局に属するユーザの空間密度(通信に対する空間的需要密度) $p(x, y)$ が統計的独立な 2 変数による 2 次元ガウス分布に従うと仮定すると，$p(x, y)$ は

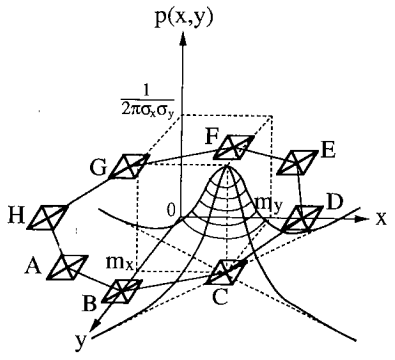

図 3 ユーザの空間密度に対する 2 次元ガウス分布モデル
Fig. 3 Two-dimensional Gaussian distribution model for users spatial density.

$$p(x, y)=\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-m_x)^2}{\sigma_x^2}+\frac{(y-m_y)^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \qquad (3)$$

と表される．但し，m_x, m_y は 2 次元ガウス分布の平均値であり，トラヒックモデルとしては，それぞれ x 軸，y 軸方向に関するユーザの空間密度のピーク位置を表すパラメータである．また，σ_x^2, σ_y^2 は 2 次元ガウス分布の分散であり，トラヒックモデルとしては，それぞれ x 軸，y 軸方向に関するユーザの分散の度合を表すパラメータである．この分布の様子を図 3 に示す．この図のような分布の場合，交換局 C の周辺を中心としてユーザが分布していることになる．

交換局 i で発生するトラヒック量と交換局 j に到着するトラヒック量はそれぞれに属しているユーザの空間密度に比例し，かつ独立であるとすると，交換局 i からの交換局 j に対する呼量 a_{ij} は，$p(x_i, y_i)$ と $p(x_j, y_j)$ の積にある定数 K を掛けたもので表される．

$$a_{ij}=Kp(x_i, y_i)p(x_j, y_j)=\frac{K}{(2\pi\sigma_x\sigma_y)^2}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x_i-m_x)^2+(x_j-m_x)^2}{\sigma_x^2}+\frac{(y_i-m_y)^2+(y_j-m_y)^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \qquad (4)$$

式(4)によって ATM ネットワーク内の任意の交換局間の呼量が表される．このトラヒックモデルを用いると，σ_x^2, σ_y^2 の値を変えることにより，さまざまな分散の度合をもつユーザの空間的分布を表すことができる．また，m_x, m_y を動かすことによって昼夜の人口移動を表現でき，K の値を増減させることによって，ネ

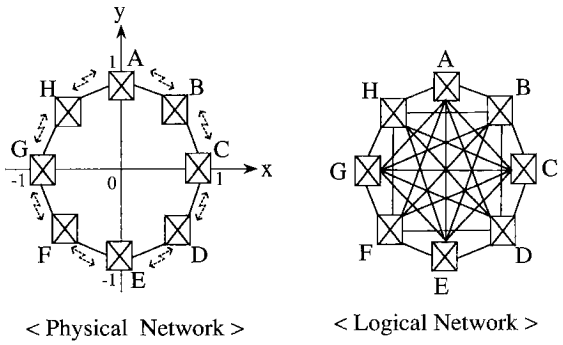

図 4 解析に使用するモデル網
Fig. 4 Model network used for analysis.

ットワーク内の全トラヒックの増減を表すことができる．なお，K は網内の定常的なトラヒック量(設計呼量)の総和が文献(2)，(3)に示されている大都市エリアの設計呼量の総和と同一となるように定める．

3.2 ATM 網モデル

本節では，解析に用いる ATM 網モデルについて以下に述べる．

(1) 伝 送 路

伝送路は一般には有線，無線，衛星等の各種の伝送路で構成されるが，解析を容易にするため，全伝送路が無線伝送路で構成されていると仮定する．無線伝送路で発生するフェージングは，レイリーフェージングとし，瞬断の発生原因は，レベル低下であると仮定する．この仮定は，帯域内振幅偏差が主要因となる広帯域ディジタル無線通信方式では，必ずしも成立しないが，近年開発が行われているマルチキャリヤ伝送等の狭帯域ディジタル無線伝送方式においては近似的に成立する．

(2) 変 調 方 式

変調方式として，2^{2n} QAM を用いる．なお，変調多値数については，実際には BPSK～256 QAM 程度が実現可能であるが，本論文では，理論的検討という観点から，最小多値数は 0，最大多値数としては無限まで使用できるものと仮定する．符号誤り率 10^{-6} で無線伝送路を設計し，QPSK の符号誤り率 10^{-6} における所要 C/N 比は $C/N_{QPSK}=13.8$ dB であり，また，定常時の C/N 比は $C/N_0=60$ dB であると想定する．

(3) 網 の 形 状

網の形状としては，任意の形状のものについて計算が可能であるが，解析の一般性を高める観点から，図 4 に示すように，網内の ATM 交換局は正八角形状に位置するものと仮定する．また，各 ATM 交換局間にはメッシュ状に VP が張られる．なお，伝送路網は，図 4 のようにループ形状とする．

(4) サービスクラス数

呼受付制御として，現在接続中の呼び(VC: Virtual Channel)と仮想回線数を比べることによって制御を行う仮想回線法[7]を用いる．サービスクラスは，仮想回線 1 本当りの所要帯域が 64 kbit/s と 1.5 Mbit/s の 2 クラスとし，サービスクラスごとに VP を設ける．

4. 制御アルゴリズム

2.で示したように，無線 ATM 伝送におけるセル廃棄の要因としては，トラヒック量の増大，およびフェージングによる瞬断が挙げられる．しかし，トラヒック量がピークとなり，かつ深いフェージングが同時に生じる確率は，両者が独立過程と考えられるので，非常に少ないと推測される．従って，無線 VP 可変容量伝送方式においては，発生するトラヒック量のみを観測し，それに応じて変調多値数の制御を行う．具体的な制御方法は以下のとおりである．

(a) 各 VP の容量制御は，最悪トラヒックセル廃棄率を最小にするように行う．

(b) 総合 VP 容量制御においては，発生したトラヒックを伝送可能な最小の変調多値数を選択する．また，最大変調多値数は，最悪セル廃棄率を最小にするように選択する．

(c) なお，従来の VP 容量制御(図 1(b))では，制御方式として，呼の総量をある程度平均して一括して制御する一括変更方式，および，呼の要求に応じて常に VP 容量を制御する逐次変更方式の 2 方式が提案されている[2],[3]が，本方式では，解析を容易にするため，一括変更方式を用いる．

本方式は，多数のセルが集まる中継系への適用を考えており，SDH (Synchronous Digital Hierarchy: 同期網インタフェース)のフレームの中にセルを入れるものと仮定する．従って，各フレームの先頭で，次のフレームで用いる変調多値数を制御情報として送信することにより，瞬断なく変調多値数を切り換えることが可能である．

無線 VP 可変容量伝送方式においては，変調多値数を制御することにより，総合 VP 容量を可変にすることができる．多値変調方式として 2^{2n} QAM を用いた

場合，最大変調多値数を用いたときの瞬断率（設計瞬断率）を P_{0max} とすると，最大総合VP容量 C_{max}（総合VP容量の最大値：本方式において伝送可能な最大伝送容量）は，

$$C_{max}=\frac{W}{1+\alpha}\log_2\left(1+3\frac{P_{0max}}{P_r}\cdot\frac{C/N_0}{C/N_{QPSK}}\right) \qquad (5)$$

で表される[4]．但し，W は帯域幅，α はロールオフ率，P_r はレイリーフェージングの発生確率，C/N_0 は定常時の C/N 比，C/N_{QPSK} は $QPSK$ 変調における所要 C/N 比である．

今，ネットワークにおいて，VPが N 本張られているとし，それぞれのVPに対して番号1～N を付け，それらを VP_1～VP_N で表示するものとする．式(5)より，最大総合VP容量 C_{max} は最大変調多値数，すなわち，設計瞬断率 P_{0max} により決まる．また，各VPの容量は，総和が最大総合VP容量 C_{max} の範囲内で任意に選ばれるので，i 番目のVPである VP_i の容量を C_{vp_i} とすると，C_{max} と C_{vp_i} の関係は，次式で表される．

$$C_{max}(P_{0max})\geqq\sum_{i=1}^{N}C_{vp_i}(P_{0max}) \qquad (6)$$

VP_i のトラヒック量 Z_{vp_i} の確率密度関数を $p(Z_{vp_i})$ とすると，VP_i におけるトラヒック疎通率 $1-P'_{vp_i}$ は，トラヒック量が C_{vp_i} 以下となる確率で規定でき，次式で与えられる．

$$1-P'_{vp_i}(P_{0max})=\int_0^{C_{vp_i}(P_{0max})}p(Z_{vp_i})dZ_{vp_i} \qquad (7)$$

従って，最悪トラヒック疎通率（全VPのトラヒック疎通率の中の最悪値）$1-B_{traffic}$ は，

$$1-B_{traffic}(P_{0max})=\min_i\left[\int_0^{C_{vp_i}(P_{0max})}p(Z_{vp_i})dZ_{vp_i}\right] \qquad (8)$$

と表される．各VPの容量 C_{vp_i} は，式(8)で表される最悪トラヒック疎通率が最大（最悪トラヒックセル廃棄率 $B_{traffic}$ が最小）となるように制御される．

この場合，最悪セル廃棄率 B_{total} は，式(2)より，

$$B_{total}(P_{0max})=1-(1-P_{0max})(1-B_{traffic}(P_{0max})) \qquad (9)$$

と表される．但し，実際の制御では，変調多値数の可変制御を行った場合の実際の瞬断率 P_0 を算出することは困難であるため，$P_0=P_{0max}$ として，最大変調多値数を用いたときの設計瞬断率によって計算を行う．一般に，$P_0\leqq P_{0max}$ であるため，この近似を行うと，セル廃棄率は厳密解に比べて大きめになり，最悪近似となる．

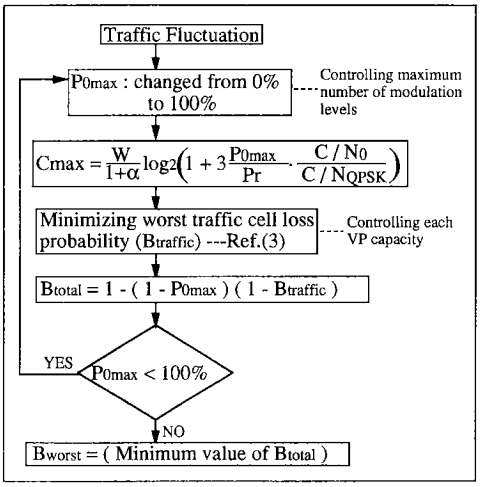

図5 無線VP可変容量伝送方式の制御アルゴリズム
Fig. 5 Algorithm of proposed system to minimize the worst cell loss probability.

本方式では，トラヒック量の分布に従って，式(9)に示した最悪セル廃棄率が最小となるように，最大変調多値数，すなわち最大総合VP容量の可変制御を行う．従って，本方式を適用した場合の最悪セル廃棄率 B_{worst} は，次式で表される．

$$B_{worst}=\min_{P_{0max}}[B_{total}(P_{0max})]$$
$$=\min_{P_{0max}}[1-(1-P_{0max})\cdot\min_i\left(\int_0^{C_{vp_i}(P_{0max})}p(Z_{vp_i})dZ_{vp_i}\right)] \qquad (10)$$

以上述べてきた本方式の制御アルゴリズムを図5に示す．

5. 解析結果

5.1 前提条件

(1) 設計呼量（定常時呼量）

トラヒック，すなわちユーザの空間密度の変動は，式(4)において $m_y=0$, $\sigma_x=\sigma_y=\sigma$ の条件を満たし，m_x のみが変化すると仮定する．すなわち，ユーザの分散の度合は x 軸，y 軸方向について等しく，ユーザの空間密度のピークは x 軸上で移動するものとする．定常時のユーザの空間密度のピーク位置を $m_x=1$，すなわち，定常時には図4のモデル網において，交換局 C の周辺を中心としてユーザが分布しているものとする．

表 1 σ=0.8 のときの設計呼量 (64 kbit/s)(1.5 Mbit/s の設計呼量はこの 1/20)

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	—	3058	3689	3058	1945	1237	1026	1237
B	3058	—	5800	4809	3058	1945	1612	1945
C	3689	5800	—	5800	3689	2346	1945	2346
D	3058	4809	5800	—	3058	1945	1613	1945
E	1945	3058	3689	3058	—	1237	1026	1237
F	1237	1945	2346	1945	1237	—	652	787
G	1026	1613	1945	1613	1026	652	—	652
H	1237	1945	2346	1945	1237	786	652	—

(単位はアーラン)

各 σ の値について網内の各 VP(64 kbit/s サービスクラス)の設計呼量を式(4)を用いて決定する．また，1.5 Mbit/s サービスクラスに対する設計呼量は，文献(2)，(3)と同様に，64 kbit/s サービスクラスの設計呼量を 1/20 にしたものを用いる．例として，σ=0.8 に対する設計呼量(64 kbit/s のサービスクラス)を表 1 に示す．

(2) 網設計法

固定容量伝送(VP 容量固定伝送，および従来の VP 容量制御)における伝送路の設計瞬断率を P_{0max}=0.001 % /50 km(CCIR 規定値 0.054 % /2,500 km) とし，設計呼量を用いて，各 VP の仮想回線数を基準トラヒック呼損率(1 %)で算出し，これから求められる固定容量伝送時の最大総合 VP 容量 C_{max} を確保する無線帯域幅 W を式(5)より決定した．その結果，σ=0.2, 0.5 に対しては W=2.81 GHz, σ=0.8 に対しては W=2.80 GHz, σ=1.2 に対しては W=2.76 GHz, σ=1.5 に対しては W=2.73 GHz となった．条件を同じにするため，本方式における無線帯域幅も，これと同じであるとした．本方式では，変調多値数を制御することにより，ネットワークの総伝送容量を可変するが，無線帯域幅 W は一定である．また，レイリーフェージングの発生確率は P_r=1 % と仮定した．

5.2 本方式適用時のセル廃棄率

各 σ の値に対してユーザの空間密度のピーク位置 m_x を変化させ，m_x をパラメータとした場合の最悪セル廃棄率を解析した結果を図 6 に示す．m_x=−1 とユーザの空間密度のピークが交換局 C から交換局 G に移動して，設計呼量と対称的な分布になった場合でも，最悪セル廃棄率は 10^{-4} 以下と非常に小さい値に抑えられている．また，m_x=0 とユーザの空間密度のピークがネットワークの中央にある場合，10^{-3} 以下となっている．m_x=0 の場合において若干悪い値になるのは，m_x=−1 の場合と比べてネットワーク全体のトラヒック量が増加するためである．

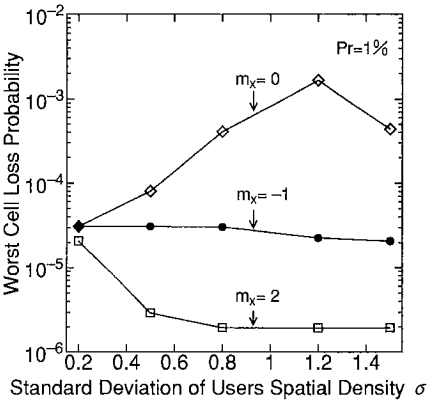

図 6 σ の変化に対する本方式の特性
Fig. 6 Transmission characteristic of proposed system for various deviation.

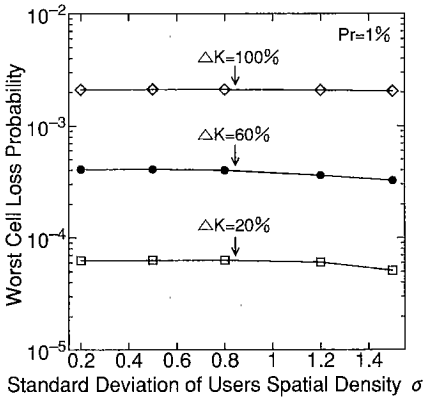

図 7 σ の変化に対する本方式の特性
Fig. 7 Transmission characteristic of proposed system for various deviation.

同様に，σ の値に対して，網内の全設計呼量 K の増加率 ΔK をパラメータとした場合の本方式の最悪セル廃棄率を解析した結果を図 7 に示す．この ΔK は，式(4)より，ネットワーク全体のユーザ(トラヒック量)の増加を表す．図より，この場合，σ の変化に対して特性はほとんど変わらないことがわかる．このことより，同じ ΔK の値に対しては網内の全トラヒック量は同じとしているので，本方式は σ への依存度は小さく，ネットワーク全体のトラヒック量の変動に強く影響されることがわかる．

5.3 従来の方式との比較

本節では，無線 ATM 網において，本方式，および

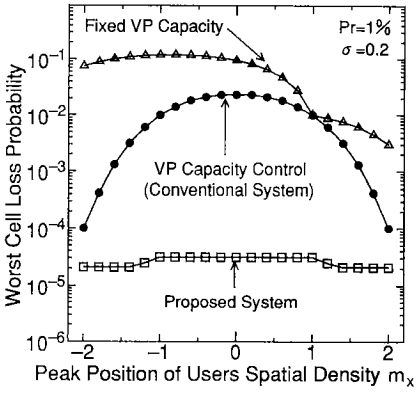

図 8 ユーザの移動に対する最悪セル廃棄率
Fig. 8 Worst cell loss probability for users move.

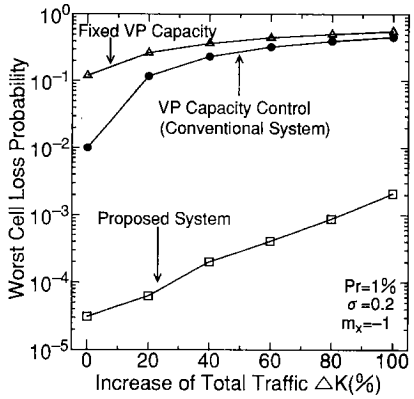

図 9 トラヒック量の増加に対する最悪セル廃棄率
Fig. 9 Worst cell loss probability for traffic increase.

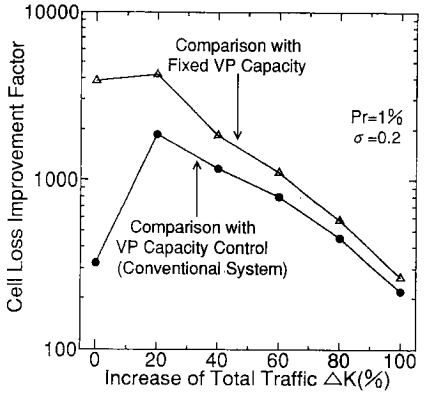

図 10 トラヒック量の増加に対する改善効果
Fig. 10 Cell loss improvement factor for traffic increase.

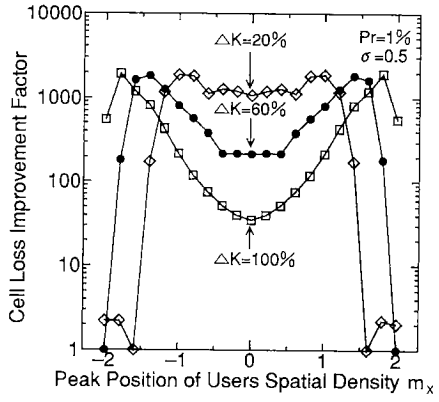

図 11 ユーザの移動および増加に対する改善効果(従来の VP 制御との比較)
Fig. 11 Cell loss improvement factor for users move and traffic increase(comparison with conventional VP capacity control).

従来の方式を適用した場合について，伝送特性の比較を行う．

まず，ユーザの空間密度ピーク位置 m_x を変化させたときの m_x に対する従来の方式と本方式の最悪セル廃棄率を解析した結果を図 8 に示す．図より，本方式は，ユーザの場所移動に対し，従来の方式と比較して，大きなセル廃棄率低減効果を有していることがわかる．

次に，$m_x=-1$，すなわちユーザの空間密度のピークが交換局 G に移動した場合について，網内の全設計呼量 K の増加率 ΔK に対する従来の方式と本方式の最悪セル廃棄率を解析した結果を図 9 に示す．図より，本方式は，トラヒック量の増加に対し，従来の方式と比較して，大きなセル廃棄率低減効果を有していることがわかる．

図 9 の結果を用いて，最悪セル廃棄率改善効果を計算した結果を図 10 に示す．例えば，改善効果が 100 である場合，本方式を適用することによって，従来の方式に比べて最悪セル廃棄率が 1/100 に改善されたことに相当する．ΔK の増加と共に，改善効果は減少しているものの，$\Delta K=100$ % と網内の全トラヒック量が 2 倍に増加した場合でも，従来の VP 容量制御と比較して，なお，200 倍以上の極めて大きな改善効果が見られる．

最後に，m_x の変化に対して，ΔK をパラメータとした場合の，従来の VP 容量制御に対する最悪セル廃棄率改善効果を解析した結果を図 11 に示す．図より，特に m_x が −1〜1 に対して大きな改善効果があることがわかる．この結果は，本提案方式が，トラヒック集

中時の全トラヒック量増大に対して特に有効であることを，定量的に示している．

6. むすび

本論文では，無線ATM伝送におけるトラヒック変動，および伝送路の瞬断によるセル廃棄を低減させる制御法として，変調多値数を制御することにより，各VPの容量を制御すると共に，総合VP容量も可変にする無線VP可変容量伝送方式を提案し，セル廃棄率特性の解析を行った．その結果，本方式が，従来のVP容量制御と比較して，ユーザの場所移動に対して数倍～数千倍，網全体のトラヒック量の増加に対して数百倍～数千倍，ユーザの移動および増加に対して数倍～数千倍のセル廃棄率改善効果を有することがわかった．また，本方式は，ATM網のみならず，現在導入が進められているフレームリレー方式についても同様に効果がある．

なお，今後，制御目標を重み付け受入れ呼量最大化においた場合の解析，および，各VPの容量制御として逐次変更方式を用いた場合の解析，また，ATM網を無線伝送路と有線伝送路(光ファイバ)を組み合わせて構築した場合の解析を行う予定である．

謝辞 本研究を進めるに当り，有益な御助言を頂いたNTT通信網総合研究所の魚瀬尚郎主任研究員，塩田茂雄研究員，横井弘文研究員に深く感謝致します．

文　献

(1) 村田正幸，尾家祐二，宮原秀夫："トラヒック理論からみたATM網におけるトラヒック制御の動向"，信学論(B-I)，**J72-B-I**，11，pp.979-990(1989-11)．

(2) Shioda S. and Uose H.: "Virtual Path Bandwidth Control Method for ATM Networks: Successive Modification Method", IEICE Trans., **E74**, 12, pp. 4061-4068(Dec. 1991).

(3) 塩田茂雄，魚瀬尚郎："ATM網におけるバーチャルパス容量制御方式(一括変更方式)"，信学論(B-I)，**J75-B-I**，5，pp. 333-342(1992-05)．

(4) 小牧省三："可変容量マイクロ波方式に関する検討"，信学論(B-II)，**J73-B-II**，10，pp. 498-503(1990-10)．

(5) 李　嬉珍，小牧省三，森永規彦："ダイバーシチ受信を用いた可変容量ディジタル無線伝送方式の特性"，信学論(B-II)，**J75-B-II**，5，pp. 268-275(1992-05)．

(6) 岡田　隆，相河　聡："無線中継伝送における全ディジタル型多値変調器の設計とその可変容量伝送方式への応用"，信学論(B-II)，**J75-B-II**，6，pp.325-336(1992-06)．

(7) 間瀬憲一，塩田茂雄："ATM網のリアルタイムネットワークマネージメント"，信学技報，**IN89**-111(1990)．

(平成4年11月2日受付，5年2月18日再受付)

大内　幹博

平4阪大・工・通信卒．現在，同大大学院修士課程在学中．ディジタル無線伝送方式の研究に従事．

李　嬉珍

昭62近畿大・理工・電子卒．平1阪大大学院修士課程了．現在，同大学院博士課程在学中．変復調理論ならびにディジタル無線伝送方式の研究に従事．IEEE会員．

小牧　省三

昭45阪大・工・通信卒．昭47同大大学院修士課程了．昭47電電公社．(現NTT)入社，平2阪大・工・通信・助教授，平4電気・教授．ディジタル無線通信方式，主として無線中継方式の研究に従事．工博．昭50年度本会論文賞受賞．IEEE会員．

森永　規彦

昭38静岡大・工・電気卒．昭43阪大大学院博士課程了．阪大・工・通信・助手，講師，助教授を経て現在教授．工博．無線通信方式，光通信方式，衛星通信方式，移動通信方式，EMCの研究に従事．訳書「光通信システム」，共著「光通信理論とその応用」．