

電話網のトラヒック制御

布谷 嘉章・川原崎 雅敏

1. まえがき

地震、台風などによる大災害時に、被災地へ向けて見舞いや問合せの通話が殺到するため、電話が、かかりにくくなる現象がしばしば見られる。このような現象を異常ふくそうと呼んでいる。電話網は、年間を通じて日常的に増減している通話トラヒックの変動を考慮し、ピークに近い通話トラヒックに対しても良好な品質で電話サービスを提供できるように設計されている。しかし、上例のように網の一部に予測しえない膨大な通話トラヒックが加わると、良好な品質が確保できないだけでなく、通話のできなかった呼に対する処理が増えて網全体の性能が低下し、異常ふくそうが発生してしまう。このため、不測の通話トラヒックが加わった場合にも電話網の性能を最大限に維持するトラヒック制御機能を備えることが肝要である。

本稿では、まず電話網の構成と機能、異常ふくそうの現状を紹介し、ついで、ふくそう時に網の性能が低下するメカニズムと各種のトラヒック制御措置について述べ、最後に現在わが国で採用しているトラヒック制御措置のアルゴリズムとその効果および米国の状況に言及する[1]。

ぬのたに よしあき、かわらざき まさとし

日本電信電話公社 武蔵野電気通信研究所 基幹交換研究部 トラヒック研究室

2. 電話網の概要

2.1 電話網の構成と機能[2]

電話網は、(1)音声を電気信号へ変換し、またその逆変換を行なう電話機、(2)電気信号を伝達する伝送路、および(3)電話機間を結ぶ通信径路を選択・設定する交換機よりなる。わが国では交換機を収容する交換局の数が6000以上もあるため、これらを図1に示すように、下位から上位に向かい、端局(E O)、集中局(T C)、中心局(D C)、総括局(R C)の4つの階位をもった階層構造とし、電話網の簡明化・経済化を図っている。端局は電話機からの伝送路(加入者線)を収容する交換局で、自局収容加入者から／への通話要求(呼)に対し、発信／着信接続を行なう。集中局、中心局、総括局は、いずれも呼の中継接続を行なう交換局で、階位の最も高い総括局は、全国で8局設けられている。

交換局間の伝送路は回線と呼ばれ、基幹回線と斜回線に大別される。基幹回線は直属上位局との間や総括局相互間に設けられる回線である。斜回線は基幹回線以外の回線で、任意の2局間に相当の呼量があり、上位局経由で中継するよりも経済的となる場合に設定される直通ルートである。

発信者からの呼は、着信者の電話番号に応じてこれらの交換局・回線を多段に中継して接続される。全国で見ると、時刻によっては発信者間で100万を越える通話が行なわれている。これらの

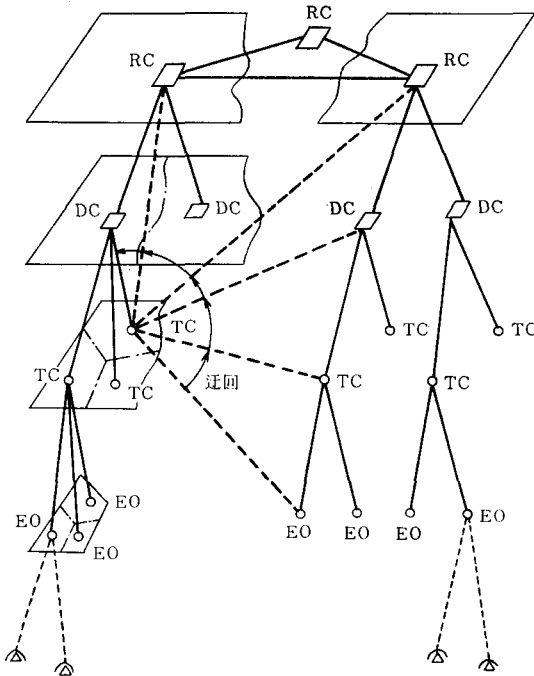


図1 電話網の概要

RC：総括局
DC：中心局
TC：集中局
EO：端局
△：電話機

——：基幹回線
- - -：斜回線の例
.....：加入者線

発着信者間の通信径路を設定するため、各交換局では、中継回数が最も少なくなる斜回線の空塞をまず調べ、空いていればその回線を捕捉する。塞がりの場合は空き回線が見つかるまで、一定の規則（遠近回転法）にしたがって迂回を重ねる。最後に基幹回線にも空き回線がないときは通話不能とし発信者には話中音を送出する。その割合は最もよく通話される時間帯でも、交換局あたり1%程度である。

2.2 異常ふくそうの現状

異常ふくそうは、電話網における呼の接続過程のどの段階で起こるかにより、発信・中継・着信ふくそうの3つのパターンに大別される。このうち着信ふくそうは全体の9割以上を占めており、特定の地域に着信が集中する地域ふくそうと特定の加入者に着信が集中する加入者ふくそうに分類される。これら異常ふくそうの発生状況を表1に示す。最近の特徴としては、入場券・車検等の予約申込み、TV番組の電話リクエスト、競馬のレース結果等の案内サービスなどによる加入者ふくそ

うが顕著になってきている。以下に過去の事例を掲げ、ふくそうの状況を概観する。

(1) 24時間テレビ「愛は地球を救う」の放映(昭57.8)：日本テレビ内に設置された受け付け用電話に対して、全国から発信された呼数は39万と推定されている。このうち通話できた呼数は11万で、総発信呼数の28%にすぎなかった。

(2) 長崎大水害(昭57.7)：梅雨前線による集中豪雨のため発生した各種被害状況がテレビ・ラジオ等で報道されるにしたがい、被災地に向けて問合せ呼、見舞呼が殺到し、大規模な異常ふくそうが発生

した。異常ふくそうは3日間継続し、平常日の呼数に対し最高30倍もの呼数が殺到した。

(3) 北炭夕張新鉱のガス突出事故(昭56.10)：戦後3番目の大規模な炭鉱災害のため、安否を尋ねる電話が最高で平常時の62倍にも達し、4日間にわたって異常ふくそうが断続した。

(4) 自動車検査予約(昭57.12)：埼玉県の大宮車検予約センターでは、自動車整備業者からの車検予約通話を7日前から受け付けた。普通車継続

表1 異常ふくそうの発生状況

パターン		事例	年度				
			52	53	54	55	56
発信ふくそう	中継ふくそう	天災・火災・事故発生時の見舞い・問合せ	88	89	42	55	84
			地域ふくそう				
着信ふくそう	加入者ふくそう	予約申込み TV電話リクエスト 案内サービス	17	30	50	50	68

分を受け付ける13時からと14時からの日2回(土曜日については10時から1回), 異常ふくそうが2週間にわたって発生した。

3. トラヒック制御の概要

3.1 性能低下のメカニズム [3]

電話網は, 2.1 で述べたように, 発信者と着信者との通話という情報を, 同時に, 異なった組合せで多量に運んでいる多種流網 (multicommodity flow network) である [4]. このような網では, たとえばある地域に向かう流れ, すなわち呼数が網設計時の値よりも極端に増えると, 図2に示すように通話できる呼数が設計値よりも減る性能低下現象が見られる. ふくそうにともなうこのような性能低下のメカニズムを図3にしたがって以下に説明する. まず, ある地域への呼数増加(①)にともない, その地域の交換局へ向かう回線が塞がって回線ふくそう(②)となり, 通話のできない(呼損となる)割合が増える(③). 通話ができないと, 交換局A-B間の回線の保留時間が短くなり(④), 新しい呼が次々とこの回線を捕捉して交換局Bに達する. このため交換局Bでは, 交換局Aから送られてくる着信電話番号を受信するレジスタが混み, レジスタを待つ新しい呼で渋滞する(⑤). 交換局Aのセンダは交換局Bのレジスタが捕捉されるまで着信電話番号を送ることができないので, センダの保留時間が伸びる(⑥). このように, ふくそう対地へ向かおうとして呼損となった呼が共用設備であるレジスタ, センダを無効保留するため, 他地域へ向かう呼が圧迫を受け(⑦), 他地域への完了呼数がいちじるしく減り, 性能低下(⑧)に到る.

3.2 制御措置の分類 [5]

電話網におけるトラヒック制御措置は, 規制的措置と拡大的措置に大別できる.

(1) 規制的措置

規制的措置は, センダ, レジスタなどの共用設備の無効保留を減らすことにより, ふくそう時の

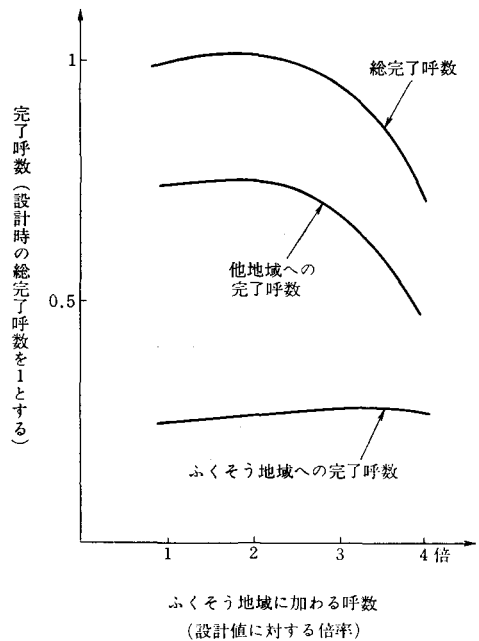


図2 性能低下の例

性能低下を抑える措置である. この措置は大別すると, ①ふくそう状態にある共用設備の使用に制約を加えるもの, ②網に加わる呼数を規制するものに分類される. ①の例としては, ふくそう地域への迂回規制, レジスタ待ち呼数または待ち時間の制限, 回線の一部を被圧迫呼のために残す回線留保 (trunk reservation) などが, ②の例としては, ふくそう地域に向かう呼の接続規制, 通話ができなかった呼に対するかけ直し防止用トーキ案内装置への接続などがある.

(2) 拡大的措置

拡大的措置は, 網内でトラヒック的に余裕のある設備を探して, それを有効に活用することにより網の性能を向上させる措置である. この措置は, 網内のある部分で行なった措置によりその部分のふくそうが解消しても, 他の部分にふくそうを誘発するなど, 適用を誤るとふくそうや性能低下を助長する場合があります. 規制的措置よりも運用が一般的にむずかしい.

拡大的措置の例としては, ①あらかじめ決められている迂回方式を変え, 網の空いている他の部

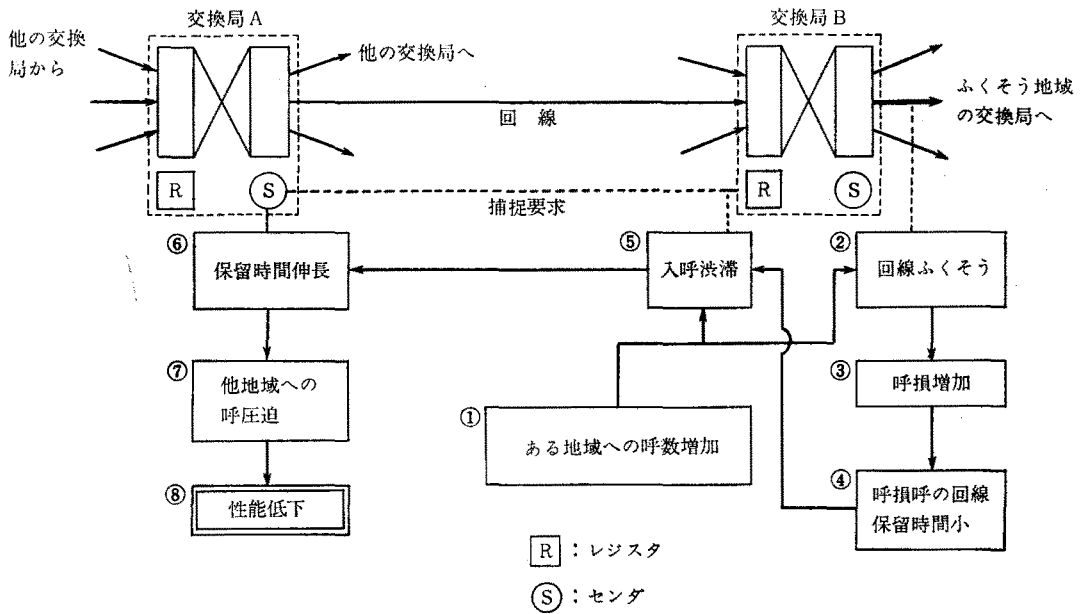


図 3 性能低下のメカニズム

分に迂回させる, ②通信衛星を用いた回線や共有の子備回線をふくそうしている回線群に臨時に追加する, ③斜回線と基幹回線を切り替えたり, 通信衛星回線を用いて新たな径路を設定する, などがある。

3.3 各種措置の比較

各種制御措置の効果をシミュレーションにより検討した結果をもとに, 各種措置の総合的な比較が行なわれている[5]。以下にその結果を要約する。

(1) 重度の着信ふくそうに対しては, ふくそう地域への接続規制のみが有効な措置である。

(2) 網の全域にわたるふくそうに対しては, レジスタ待ち呼数制限や措置のほどしやすいトーク案内装置への接続が有効である。

(3) 拡大的措置は軽度のふくそうに対してのみ有効である。

(4) いずれの制御措置の場合も, ふくそう地域の識別, 規制の発動・解除, 規制量の算出などアルゴリズムの最適化が重要である。

電話網で発生する 2.2 で述べたようなふくそうパターンのすべてに対応するには, ふくそう地域

への接続規制を主体にその他の規制的または拡大的措置のいくつかを組み合わせ, ふくそうの度合に応じたトラヒック制御を行なうのが望ましい。

4. 電話網トラヒック制御の実際

4.1 電話網管理

電話網のトラヒック監視およびトラヒック制御措置は, 2階層の管理センターが行なっている。上位センターは図1に示した最上位の総括局にあって, 網管理装置が全国または総括局管内の交換機の使用状況や回線が運んでいるトラヒック量などの情報を下位センターから収集し, 網状態を監視盤上に実時間表示する。管理者はこれを見て網ふくそうを認知し, 必要なトラヒック制御措置を決定して下位局に指令する。おもな制御措置としては迂回規制・迂回路変更・ふくそう地域への接続規制などがある。

下位センターは, 各総括局, 中心局, 集中局にあって, 各エリア内の回線, 交換機の状態を測定して上位局の監視盤に表示するとともに, 上位センターからの指令にもとづいて制御措置を実行する。また, 下位センター独自でもふくそう状態に

応じてあらかじめ決められた措置を採る。

なお、措置の発動は一部を除き電話連絡による現場の手動操作で行なわれる。

4.2 制御の自動化

加入者ふくそうは、その大部分がコンサート入場券予約やテレビ・ラジオの電話リクエスト等の企画にともなう発生している。このような企画にともなうふくそうは事前に情報を把握し対策を講ずることによりふくそう発生を緩和することが可能であるが、手作業による網制御措置であるため全国的に多大な稼働と時間を消費しているのが実情であり、制御の自動化が必要である。一方、地域ふくそうはその大部分が特定地域へのトラヒック集中に起因して生じており、このような集中過負荷に対しては網の入口でふくそう地域への呼を選択的に規制する措置が有効であるが、手動で行なう場合はやはり作業量が膨大になる。

こういった規制措置は、規制対象と規制率が適切に設定された場合にのみ有効であり、網管理者が介入する場合はいろいろな判断を交えて措置を行なえるが、自動的に行なう場合は、ふくそうの検出、規制対象・規制率の決定、措置の実施という一連の自動化アルゴリズムの確立というむずかしい問題が生ずる。たとえば、地域ふくそう制御では、ふくそうの指標は宛先地域別の不完了率が回線・レジスタのふくそう状態かの選択、また検出場所は発信階梯か着信階梯かの選択が必要である。シミュレーションの結果、ふくそう検出能力、規制の即応性などの観点から、指標としては宛先地域別の不完了率が回線・レジスタのふくそう状態よりやや優れており、検出場所は発信階梯より着信階梯のほうが良いことが判明した。

こういった経緯をふまえ、次節に示すトラヒック制御システム(TCS:Traffic Control System)の実用化を行なった。

4.3 トラヒック制御システム(TCS)

(1) システム構成とアルゴリズム [1]

TCSは特定加入者や特定対地へのトラヒック

集中によって生ずるふくそうを自動的に検出して制御するシステムで、加入者ふくそう制御系と地域ふくそう制御系から構成される。

加入者ふくそう系は中心局管内の加入者ふくそうを制御するもので、端局に設置されている各市内交換機(LS)で加入者ごとの話中呼数とレジスタ全話中率を周期的に測定し、閾値を越えた場合を加入者ふくそうとみなして、ふくそう加入者番号とレジスタ全話中率を中心局にある制御装置に転送する。制御装置では、ふくそうの度合から規制率を決定し、中心局管内全LSの規制対地識別装置(RCIE)へ通知し、RCIEがふくそう加入者番号を識別して指定の規制率で規制する。規制発動後も一定周期で話中呼数を観測し、その値に応じて規制を強化、維持、緩和する。制御アルゴリズムを図4に示す。

地域ふくそう系は総括局管内の地域ふくそうを制御するもので、総括局内の各市外着信交換機(TIS)で基幹回線およびレジスタの全話中率を周期的に測定し、閾値を越えた場合を地域ふくそうとみなし、当該TISの市外番号を総括局にある制御装置へ転送する。制御装置ではふくそう状況から規制率を決定し、総括局内の市外発信交換機(TOS)および他総括局の制御装置へ規制対地と規制率を通知し、全国のTOSはRCIEによりふくそう対地への呼を規制する。規制発動後も一定周期で観測を続け、ふくそう状態が回復すると規制が解除される。制御アルゴリズムを図5に示す。

(2) 制御効果

TCSは、昭和54年3月に東京都内18局において「加入者系」がはじめて導入され、54年12月には東京および千葉両地域の7局において「地域系」が導入された。58年末では「加入者系」が東京・名古屋・大阪とその周辺地域および全国13大都市へ導入され、「地域系」も全国規模で各集中局に拡大されつつある。

現在、「加入者系」は、電話リクエストや航空座

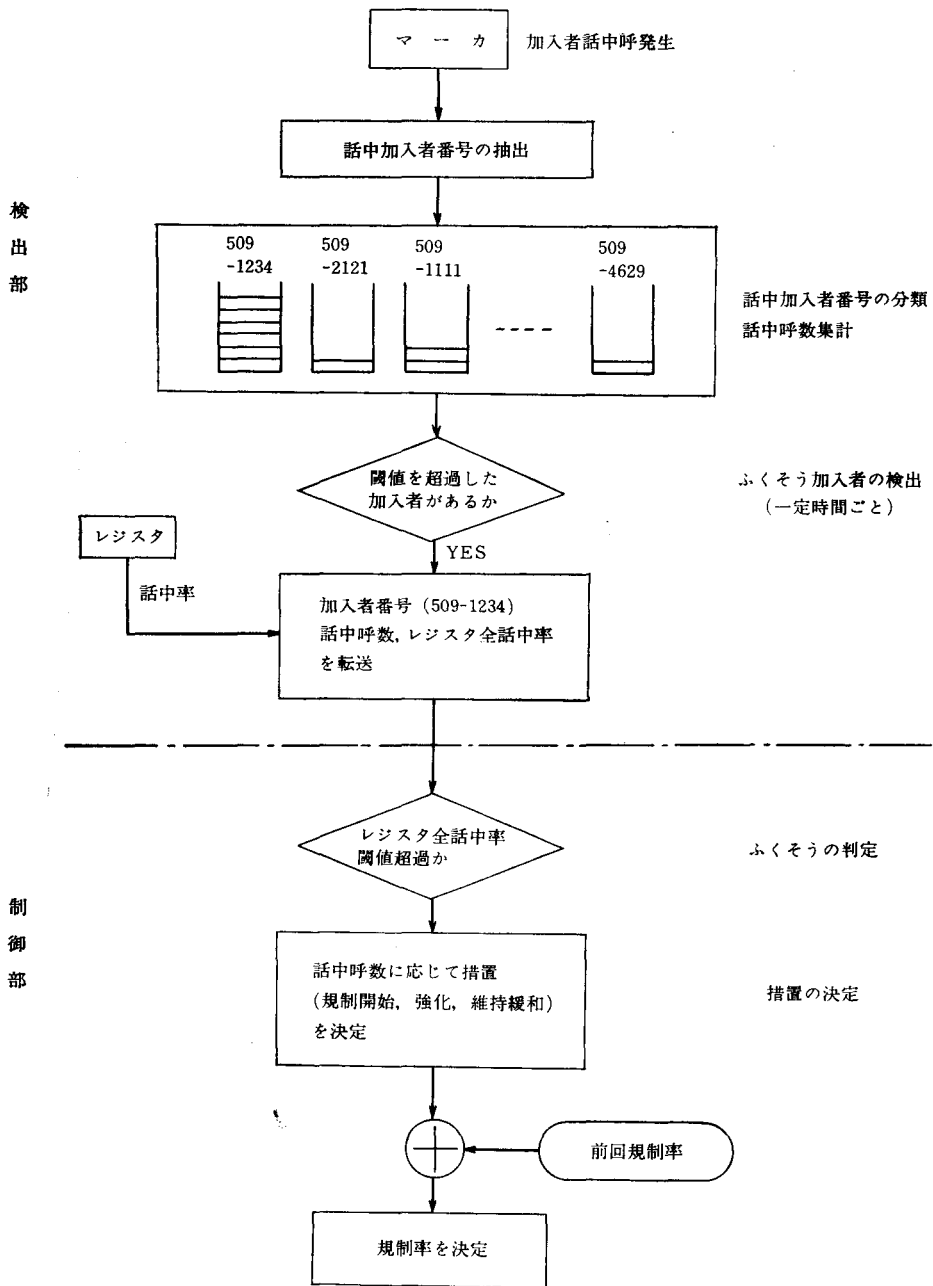


図 4 加入者ふくそう制御アルゴリズム

席予約等 に際して年間 100 件程度作動して いて 加入者ふくそうに 対しきわめて有効であることが 確認されている。全国的に普及すれば加入者ふくそ うにともなう性能低下の問題は大部分解消され ると予想される。一方「地域系」は、全国的に導入 されないと十分な制御効果が期待できず、導入が

不十分な現段階では年間数件程度しか作動して いない。

4.4 米国における現状 [6]

米国の市外電話網は 5 階位構成で、遠近回転法 にしたがって経路選択を行なっている。網制御は 交換機に組み込まれた自動制御と、計算機を援用

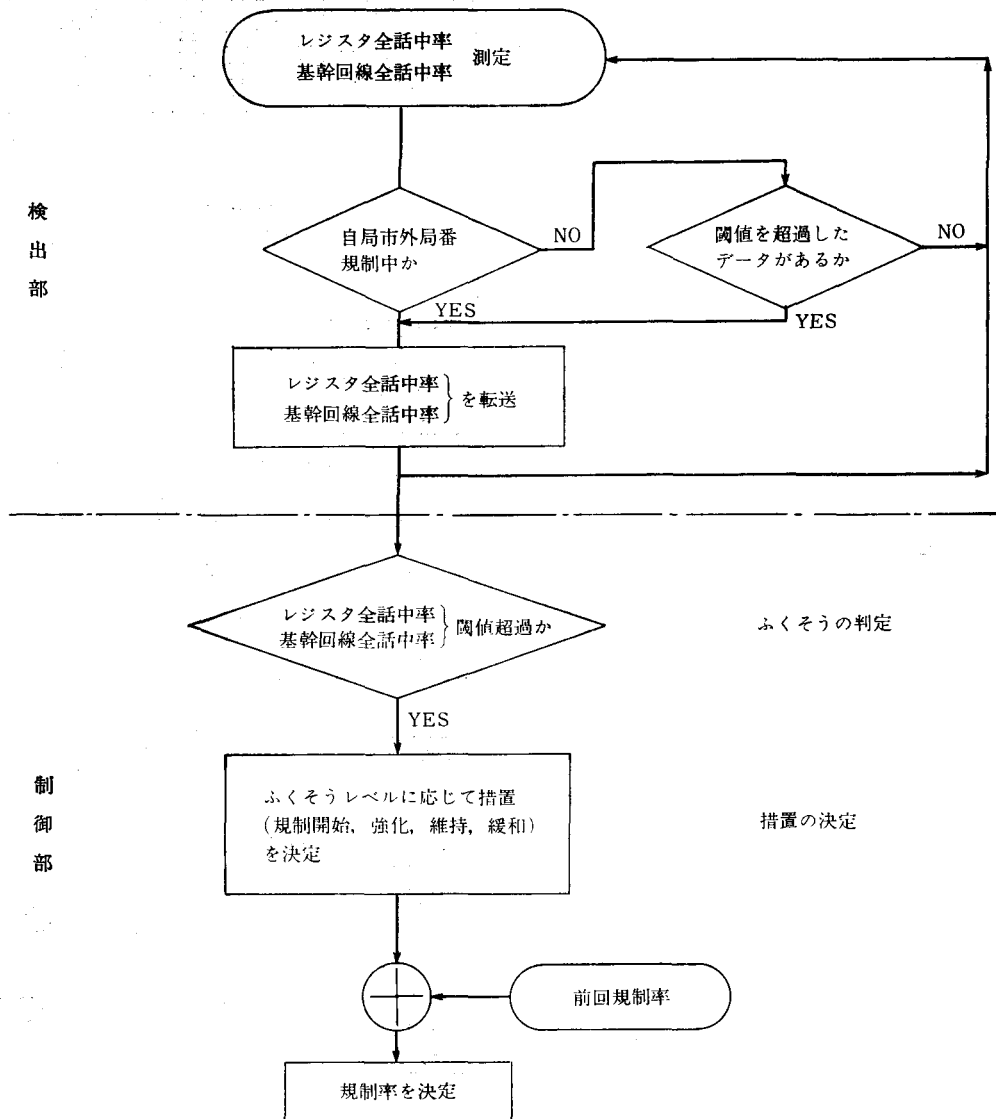


図 5 地域ふくそう制御アルゴリズム

した網管理センターによる手動制御により行なわれる。自動制御では、電子交換機と共通線信号網と呼ばれる信号だけを運ぶ網を用いて対地別の不完了率検出論理により規制対地へ向かう呼だけを選択的に規制する措置と、疎通能力向上のため通常の迂回路外へ拡大迂回させる措置が行なわれている。手動制御は3階層の網管理センターで行なわれる。すなわち、広範囲のデータを収集して集中的実時間管理を行ない、ふくそうを検出すると、計算機を援用して採るべき制御措置を決定し指令

する。規制的措置としてはふくそう対地へ向かう呼を発信側で規制するコードブロッキング、拡大的措置としては時差にとまらなうトラフィック最繁時のずれに着目してあらかじめ決められた規定外のルートへ迂回させる措置が用いられる。

加入者ふくそうは米国でも電話リクエストやチャリティ募金等にもなって頻繁に発生しており、対策としては一般電話網の中に特定の大量呼(特定加入者呼)を制御する網を作って他の一般通話に影響をおよぼさないようにするとともに、そ

れに要する費用をふくそうを引き起こす加入者に負担させる方法を採用しているのが特徴である。

また、共通線信号網を用いる INWATS(ある種のサービス業者が着信課金で提供する発信無料サービス)では、発呼時に共通線信号を用いて加入者空塞をデータベースで調べ、話中であれば直接ビジー信号を返す方式を採用している。加入者ふくそう時は共通線信号網の負荷を軽減するために call gapping という呼の間引き処理も行なっている。

5. あとがき

異常ふくそう時、電話網の性能低下を防止し、その性能を最大限に維持するトラヒック制御の概要を紹介した。今後も、トラヒック制御システムの運用実績の評価、平常時の設備管理・トラヒック制御も含めた網管理の総合的な体系化、さらに高度情報通信システム (Information Network System, 略称 INS) における網管理への発展など、積極的に検討を進めていく。

参考文献

- [1] 榊原, 堤: 電話網におけるトラヒック制御について. 信学誌, 62, 12(1979), 1385-1392
- [2] 丹野, 秋山, 太田: 電気通信網. 信学誌, 58, 4 (1975), 320-338
- [3] 岡田, 中島: 市外電話網過負荷特性のシミュレーションによる検討. 研実報, 28, 8(1979), 1549-1558
- [4] 橋田: 通信システムにおける故障のメカニズム. 応用物理, 45, 6(1976), 565-571
- [5] 岡田, 中島: 電話網トラヒック制御措置のシミュレーションによる評価. 研実報, 29, 5 (1980), 963-972
- [6] D. G. Haenschke et. al.: Network Management and Congestion in the U. S. Telecommunications Network. IEEE COM-29, No. 4 (1981), 376-385