

JT-K139

通信装置の粒子放射線影響の信頼度  
基準

〔Reliability requirements for telecommunication  
systems affected by particle radiation〕

第 1 版

2019 年 5 月 23 日制定

一般社団法人  
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。  
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

## 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <参考>.....                      | 4  |
| 要約.....                        | 5  |
| キーワード.....                     | 5  |
| まえがき.....                      | 5  |
| 1. 適用.....                     | 6  |
| 2. 引用規格.....                   | 6  |
| 3. 定義.....                     | 6  |
| 3.1 他で定義されている用語.....           | 6  |
| 3.2 本標準で定義する用語.....            | 6  |
| 4. 略語と頭字語.....                 | 7  |
| 5. 慣例.....                     | 7  |
| 6. 信頼度基準策定の考え方.....            | 7  |
| 7. 信頼度基準種別.....                | 8  |
| 8. 信頼度基準のクラス分け.....            | 9  |
| 9. 信頼度基準.....                  | 9  |
| 9.1 警報機能信頼度基準.....             | 9  |
| 9.2 サービス信頼度基準.....             | 10 |
| 9.3 保守信頼度基準.....               | 12 |
| 付録I：信頼度基準とソフトウェア故障発生頻度の関係..... | 14 |

## <参考>

### 1. 国際勧告との関連

本標準は、2018年11月にITU-Tにて承認されたITU-T勧告K.139に準拠したものである。

### 2. 上記国際勧告等との相違点

なし

### 3. 改版の履歴

| 版数  | 発行日        | 改版内容                          |
|-----|------------|-------------------------------|
| 第1版 | 2019年5月23日 | 制定 (ITU-T K.139 (11/2018) 準拠) |
|     |            |                               |

### 4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTCホームページでご覧になれます。

### 5. その他

なし

## 要約

本標準は、粒子放射線によって引き起こされるソフトウェアに対する通信装置の信頼度基準について述べる。はじめに、ソフトウェア信頼度基準策定の考え方を述べ、3種類の信頼度基準（警報機能信頼度、サービス信頼度、保守信頼度）を定義する。次に、装置のソフトウェア耐力の観点から3つの信頼度クラスを設ける。最後に、各信頼度基準種別およびクラス別に規定値を定義する。

## キーワード

照射試験、中性子、ソフトウェア

## まえがき

大容量、高性能、高信頼が要求されるキャリア通信ネットワークを構成する通信装置において、高集積化・微細化された半導体デバイスの利用は必須である。しかし、この様な半導体デバイスでは、ソフトウェアの発生自体を防ぐことはコスト等の問題から現実的ではない。そのためデバイスおよび装置設計時に、ソフトウェアの影響を減少させ信頼性を保証するために、ソフトウェア対策を実装する必要がある。本標準は、その対策レベルの指針を与えるものとして、キャリアネットワークを構成する通信装置のソフトウェアに対する信頼度基準についてまとめたものである。

ソフトウェア故障は従来からの物理欠陥故障と異なる要因で発生するため、装置信頼度の点では故障数が追加されることになる。ソフトウェア故障に対しては、JT-K131で示す装置対策を実施することにより自律復旧が可能でかつ復旧後はそのまま継続使用できる。物理欠陥故障に対する信頼度基準に基づき、ソフトウェア故障によるサービス・保守面への影響が抑えられる信頼度基準を策定した。

## 1. 適用

本標準は、キャリア通信ネットワークを構成する通信装置で、キャリアサイトに設置されるコア系（リンク／ノード）装置、アクセス系装置に対するソフトウェアの信頼度基準を提供する。JT-K131 で定義した各種信頼度基準に関し、信頼度クラスおよび規定値を定義するものである。本標準は、仕様検討段階で提供サービスや導入台数を考慮して要求信頼度クラスを決定する方法を述べる。そして、選択した信頼度クラスを満足するための対策を実施する必要がある。

## 2. 引用規格

[ITU-T Y.3014] Recommendation ITU-T Y.3014 (2/2016), *Resource control and management function for virtual networks for carriers (vRCMF)*

[JT-K124]TTC標準 JT-K124 (11/2018), *通信装置の粒子放射線影響の概要*

[JT-K130]TTC標準 JT-K130 (2/2019), *通信装置の中性子照射試験法*

[JT-K131]TTC標準 JT-K131 (2/2019), *通信装置のソフトウェア対策設計法*

[JT-K138]TTC標準 JT-K138 (5/2019), *粒子放射線試験に基づく対策のための品質推定方法とアプリケーションガイドライン*

## 3. 定義

本標準では、以下の用語を定義する。

### 3.1 他で定義されている用語

#### 3.1.1 キャリア：Carrier

物理的なネットワーク設備を所有し、その設備を使ってカスタマにサービスを提供するインフラ供給者。仮想ネットワーク供給者はキャリアのカスタマである。[ITU-T Y.3014]

### 3.2 本標準で定義する用語

#### 3.2.1 FIT：failure in time

稼働 10<sup>9</sup> 時間中に発生する故障数の期待値を示す単位

#### 3.2.2 ソフトエラー：soft error

半導体デバイス内のデータの 1 または複数ビットが反転する現象。半導体デバイス自体の損傷ではない。

#### 3.2.3 物理欠陥故障：physical fault failure

物理的にデバイスが劣化して誤動作する現象

#### 3.2.4 ソフトエラー故障：soft error failure

ソフトエラー起因のハードウェア故障

### 3.2.5 パッケージ：circuit pack

ユニットに挿入され、保守者が容易に交換可能な回路基板

### 3.2.6 警報機能信頼度：alert function reliability

設備運用の観点からの信頼度

### 3.2.7 サービス信頼度：service reliability

サービス提供の観点からの信頼度

### 3.2.8 保守信頼度：maintenance reliability

設備保守の観点からの信頼度

### 3.2.9 サイレント故障：silent failure

クライアント信号影響があるにもかかわらずネットワーク保守装置や保守要員への警報が発せられない故障

### 3.2.10 サイレント故障未発生期間：no-silent-failure-period

ソフトウェアに起因するサイレント故障が観測されない照射試験における総照射時間と等価な自然界における時間

## 4. 略語と頭字語

本標準では次の略語を使用する。

|       |   |              |
|-------|---|--------------|
| AR    | Alert Function Reliability                                | 警報機能信頼度      |
| CL    | Confidence Level  | 信頼水準         |
| FIT   | Failure in Time   |              |
| MR    | Maintenance Reliability                                   | 保守信頼度        |
| SR    | Service Reliability                                       | サービス信頼度      |
| SR(M) | Service Reliability in relation to momentary interruption | サービス信頼度（瞬断）  |
| SR(P) | Service Reliability in relation to prolonged interruption | サービス信頼度（継続断） |

## 5. 慣例

なし

## 6. 信頼度基準策定の考え方

図 6.1 に、故障発生から正常復旧までの必要な回復手順を、物理欠陥故障の場合と JT-K131 で述べる対策を適切に実施した装置におけるソフトウェア故障の場合について示す。

物理欠陥故障、ソフトウェア故障ともに基本的な手順は同じであるが、物理欠陥故障では保守者による復旧作業が常に必要であるのに対して、ソフトウェア故障ではソフトウェア対策が完璧であれば殆ど保守者の介入が不要であることが異なる。

ソフトウェア故障に関する信頼度基準を策定するために、次の観点から3種類の故障に分類する。

1. 故障を検出して適切に警報を发出可能か
2. サービスが許容時間内に復旧できクライアント信号が正常に疎通できているか
3. 装置全体が自律的に復旧可能か

また、ソフトウェア故障は物理欠陥故障と異なる要因で発生するので、装置信頼度の点では故障数が追加されるものである。ソフトウェア故障に対しては、エラーデータに対する上書きや初期設定等の装置対策を実施することにより自律復旧が可能でかつ復旧後は性能低下なく使用できる。このことから、ソフトウェア故障によるサービス・保守面への影響は物理欠陥故障に比べ無視できる程度となるよう信頼度基準を策定する。

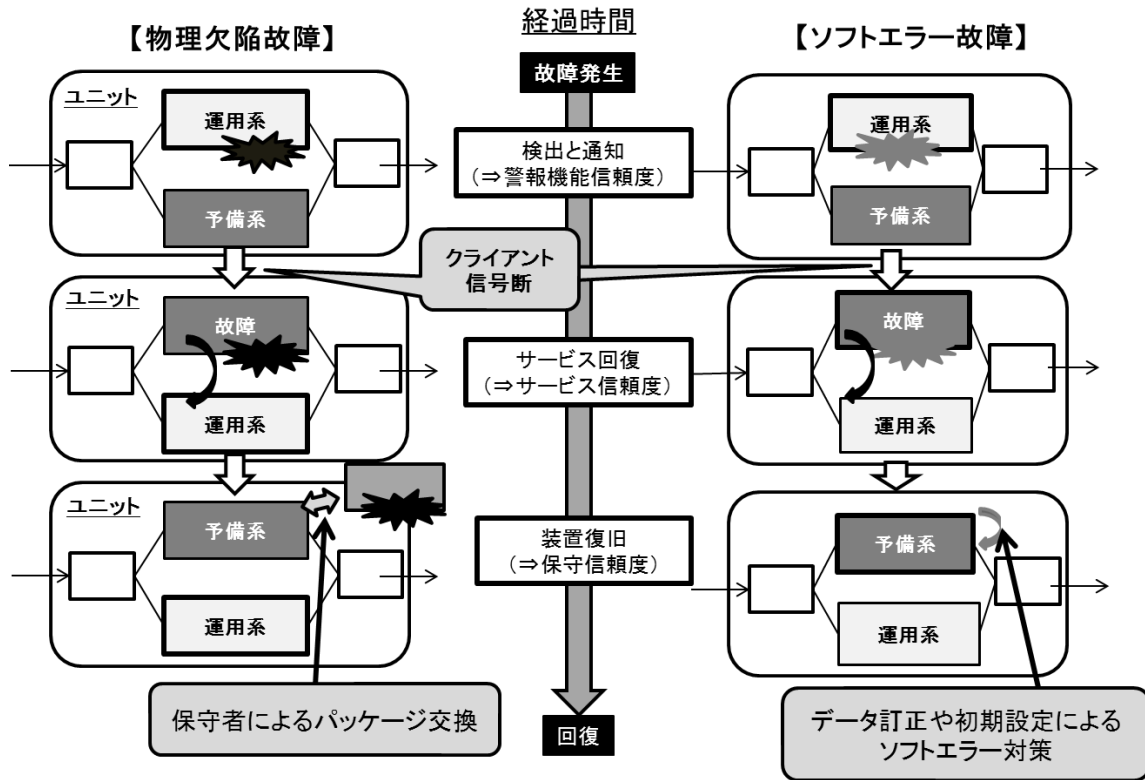


図 6.1 物理欠陥故障とソフトウェア故障からの復旧手順

## 7. 信頼度基準種別

図 6.1 で示した影響に対し、通信装置への信頼度基準の種別とその定義を表 7.1 に示す。本標準では、下記3種類の信頼度基準を定義する。

1. 設備運用の観点から警報機能信頼度 (AR : Alert function Reliability) 基準
2. サービス提供の観点からサービス信頼度 (SR : Service Reliability) 基準
3. 設備保守の観点から保守信頼度 (MR : Maintenance Reliability) 基準

表 7.1 信頼度基準種別

| 種別        | 略語 | 内容   |
|-----------|----|--|
| 警報機能信頼度基準 | AR | 設備運用の観点からの信頼度。<br>クライアント信号に影響するソフトウェア起因故障発生時の故障検出および警報発出性能により基準をクラス分け。 |
| サービス信頼度基準 | SR | サービス提供の観点からの信頼度。<br>ソフトウェアによるクライアント信号断の継続時間および発生頻度により基準をクラス分け。         |
| 保守信頼度基準   | MR | 設備保守の観点からの信頼度。   |



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | 保守者がソフトウェア故障を復旧させるために遠隔操作や現地パッケージ交換を実施する頻度により基準をクラス分け。 |
|--|--|--|

## 8. 信頼度基準のクラス分け

対象となるキャリアネットワークの規模や提供サービスにより、適用装置への要求信頼度が異なる。これを考慮し、装置の用途に対応した信頼性を十分かつ経済的に実現可能とするために、3種類の信頼度クラス X/A/B を設けそれぞれに基準を定める。クラス選択基準を表 8.1 に示す。キャリアネットワークに導入される装置に対する標準的な信頼度レベルをクラス A とする。クラス X は高品質クラスとする。高品質の要求条件をキャリア一律に決めることは難しいため、例外的な扱いとしてキャリアとベンダ間の話し合いで数値を決めるものとする。クラス B は低品質クラスとし、キャリアネットワークの規模やサービス・保守条件による品質要求条件に対する選択自由度をもたせるためのクラスである。

表 8.1 信頼度クラスの選択基準

| 信頼度クラス | 選択基準   |
|--------|--|
| X      | キャリア通信ネットワークで提供するサービス種別や導入数のような運用条件から特に高い信頼度が要求される装置に適用。                     |
| A      | キャリア通信ネットワークで標準レベルの信頼度が要求される装置に適用。   |
| B      | キャリア通信ネットワークでサービスおよび運用条件の観点からより低いレベルの信頼度が許容される装置に適用。クラス A の 1/5 の信頼度基準として定義。 |

## 9. 信頼度基準

本章では、各信頼度基準の詳細について述べる。基準値はキャリアネットワークを構成する個々の装置に対して規定する。キャリアネットワーク全体の信頼度が見積もれるように、対象装置の構成は、JT-K138 で示すようにキャリアネットワーク設置時の標準構成とする。基準値はニューヨークの海拔 0m 地点の中性子束を基準とする。

### 9.1 警報機能信頼度基準

警報信頼度基準は、照射試験中にソフトウェアによるサイレント故障の発生がないことを確認した総照射時間から求めた自然界換算期間を規定する。本標準では、それをサイレント故障未発生期間と言う。図 9.1 に概念図、表 9.1 に規定内容を示す。サイレント故障未発生期間が長いほどソフトウェアによるサイレント故障が発生しないことへの信頼度が高いことを表す。

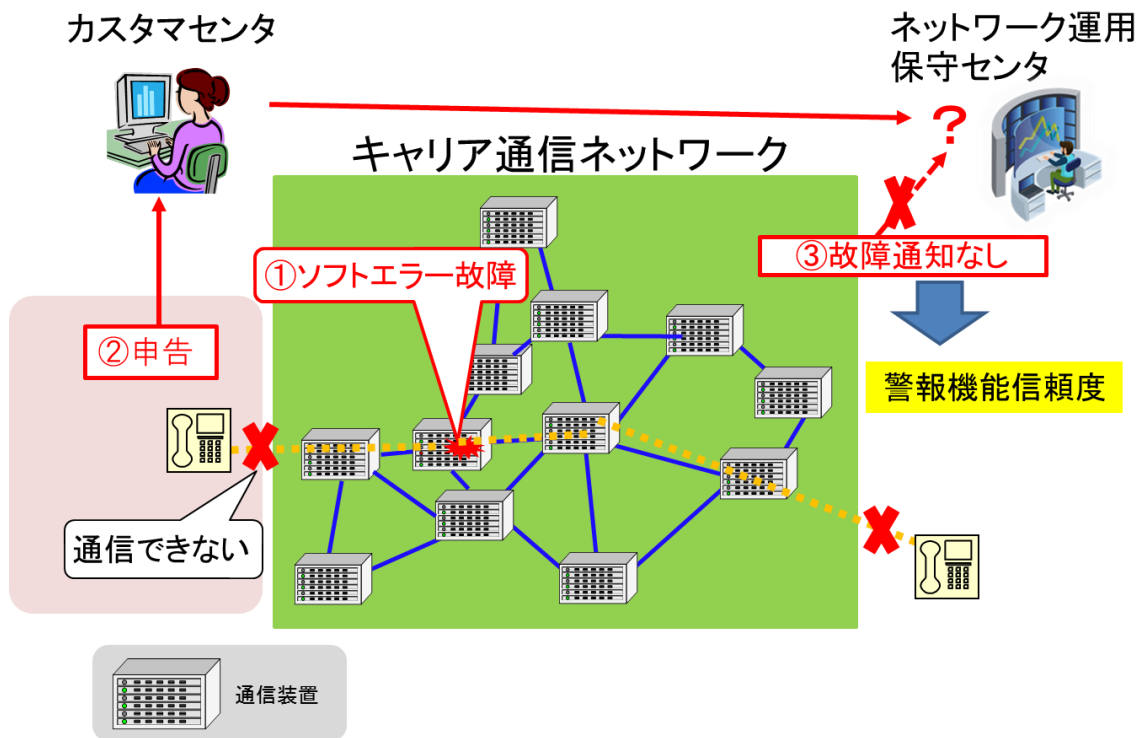


図 9.1 AR 概念図

表 9.1 AR 基準

| AR クラス | サイレント故障未発生期間 (年/装置) (注1) |
|--------|--------------------------|
| X      | < (期間はキャリアとベンダ間の交渉で決定)   |
| A      | >10,000                  |
| B      | >2,000                   |

注1: 評価試験時の二重故障に起因する事象は除く (JT-K138参照)

サイレント故障は、JT-K131 の 9.7 節で定義している通り、故障によってクライアント信号に無視できない影響があっても、キャリアネットワークのオペレーションシステムまたはメンテナンス担当者に故障が報告されないもの (図 9.1 参照) である。その故障に保守者が気づく前に、クライアントからの申告があることもある。基本的にサイレント故障回避を前提とした装置設計を行うが、発生しないことを保証するのは難しい。一方で、サイレント故障は故障発生に気付かずかつ故障装置が特定できず復旧に時間を要しサービス品質および保守品質への影響が大きいため、高信頼を要求するキャリアネットワークでは発生しないことが望ましい。上記特質および試験の実現性を考慮し、サイレント故障未発生期間をクラス A は 10,000 年超、クラス B は 2,000 年超と規定とした。

## 9.2 サービス信頼度基準

通信装置の主要サービスはクライアント信号の伝送にあることから、サービス信頼度基準は、ネットワーク内でクライアント信号断を引き起こすソフトウェアの発生頻度および発生時のクライアント信号断時間により規定する。図 9.2 にサービス信頼度の概念図、表 9.2 に規定内容を示す。

# キャリア通信ネットワーク

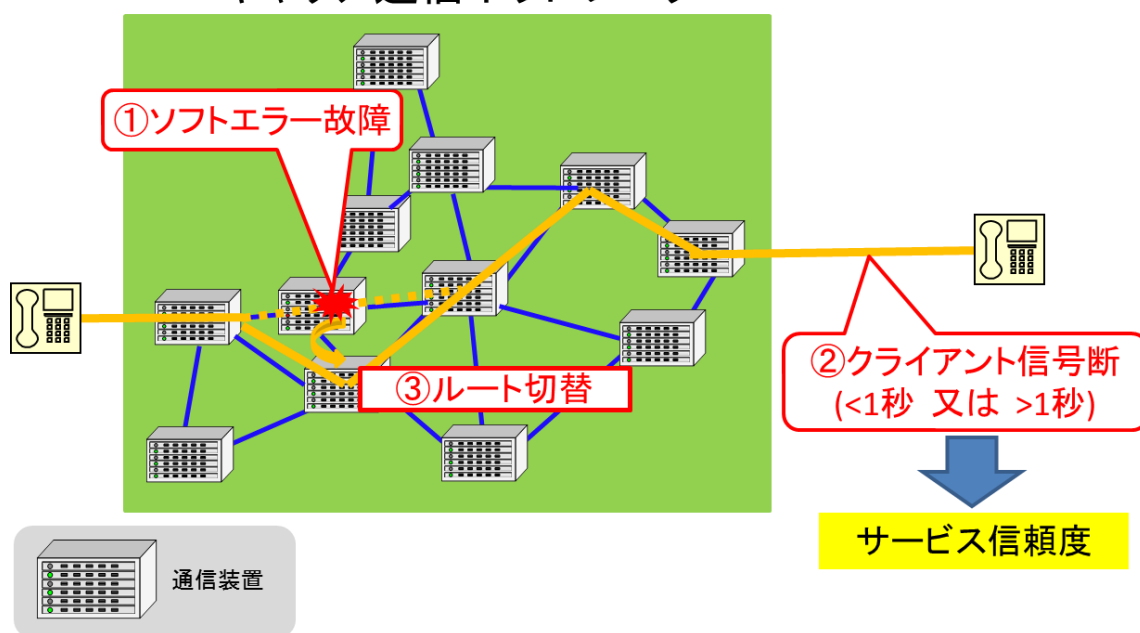


図 9.2 SR 概念図

表 9.2 SR 基準

| SR クラス | 故障率 (SR(M)とSR(P)のAND条件、FIT/装置) (注1)              |                                       |
|--------|--|---------------------------------------|
|        | SR(M): 瞬断に対するSR<br>(クライアント信号断時間が 0.2~1.0 秒) (注2) | SR(P): 継続断に対するSR<br>(クライアント信号断時間が1秒超) |
| X      | < (FIT数はキャリアとベンダ間の交渉で決定)                         |                                       |
| A      | < 2,000 FIT                                      | < 200 FIT                             |
| B      | < 10,000 FIT                                     | < 1,000 FIT                           |

注1: 評価試験時の二重故障に起因する事象は除く (JT-K138参照)

注2: SDHインタフェースでは、切替時間を故障検出保護時間 (1秒) + 処理時間 (50ms以下) で規定している。本規定では、これもSR(M)と扱う。

装置を構成するハードウェアの故障率の実力値を考慮してクライアント信号影響のあるソフトウェア故障数を見積もる。サービス品質影響を抑制するとの観点から、以下の考え方でサービス信頼度基準を規定する。サービス断時間を見積もる場合には、図 9.2 の装置内またはネットワーク内の冗長構成のような対策の効果を考慮する。冗長構成の詳細については、JT-K131 6.3.2 項に示す。

- ① 0.2 秒以下のクライアント信号断は、通常はサービスに影響は及ぼさないので、規定の対象外とする。
- ② 0.2 秒超 1 秒以下のクライアント信号の瞬断を SR(M)と定義する。以下を考慮し、クラス A を物理欠陥故障数全体の 1/5 程度の 2,000FIT 以下、クラス B を 10,000FIT 以下に設定する。
  - ・物理欠陥故障数の実力値から装置あたりのクライアント信号影響のある冗長切替回数を想定
  - ・ソフトウェア故障の自律復旧対策により物理欠陥故障に比べ大幅にクライアント信号影響を抑制可能

- ③ 1秒超のクライアント信号の継続断をSR(P)と定義する。これが発生することはサービス品質へ重大な影響を及ぼすため、SR(M)の10%に設定する。

### 9.3 保守信頼度基準

保守信頼度基準は、ソフトウェアからの設備復旧のために保守者作業を伴う頻度により規定する。図 9.3 に保守信頼度基準の概念図、表 9.3 に規定内容を示す。

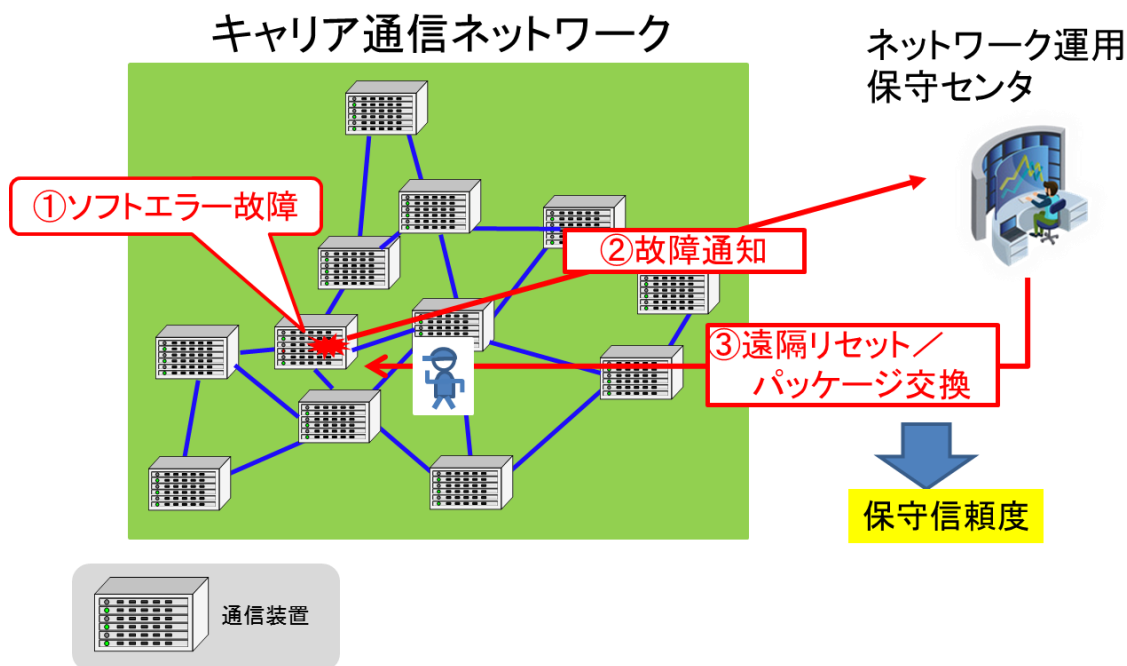


図 9.3 MR 概念図

表 9.3 MR 基準

| MR クラス | 故障率 (FIT/装置) (注1)        |
|--------|--------------------------|
| X      | < (FIT数はキャリアとベンダ間の交渉で決定) |
| A      | < 2,000 FIT              |
| B      | < 10,000FIT              |

注1: 評価試験時の二重故障に起因する事象は除く (JT-K138参照)

保守信頼度基準は、クライアント信号影響の有無にかかわらず「遠隔保守」と「現地保守」の両方を含むものである。基準はFIT値で示す発生率で規定する。

- ① ソフトエラーは物理的な故障ではなく、エラー状態を除去することでハードウェアとしてはそのまま継続して使用可能である。したがって、エラー状態からの復旧が装置自律で実現でき保守者の介在が不要な場合には、保守信頼度基準の対象外とする。
- ② 主に装置の物理欠陥故障に対する保守作業を実行するための時間を基に人的資源を含め既存の保守体制は構築されている。そこで、既存の保守体制への明らかな影響を抑えとの観点から、装置故障率の実力値を基に次のように規定する。物理欠陥故障数の実力値としては、月当たりネットワーク内の稼働装置台数の0.5%~1%程度以下である。したがって、ソフトウェアの影響を見えなくするために、保守

者介在による復旧対処が必要なソフトウェア故障の発生頻度（図 9.3 参照）を、クラス A は物理欠陥故障の 1/5 程度となる 2,000FIT 以下、クラス B は 10,000FIT 以下に設定する。

- ③ 保守作業は、保守センタからの遠隔制御により復旧を行う遠隔保守と、故障が発生した現地に保守者が赴き復旧を行う現地保守に分類できる。ソフトウェア故障復旧手段としてパッケージ交換は不要であることから遠隔保守作業を基本とし、現地保守作業を可能な限り抑えることが望ましい。

## 付録 I：信頼度基準とソフトウェア故障発生頻度の関係

本付録は、本標準の基準を順守した場合の信頼度の実力値とソフトウェア故障の発生頻度に関する情報を提供する。

### I-1 警報機能信頼度基準

AR は 9.1 節で述べるようにサイレント故障未発生期間で定義する。サイレント故障発生率は、サイレント故障未発生期間と要求される統計信頼度水準 (CL) から推定できる。CL は信頼度が推定区間内 (信頼区間) に存在する確度の水準を示すものである。クラス A とクラス B について、信頼水準と信頼区間の上限値の関係を図 I-1 に示す。信頼水準を大きくするほど、クラス A/B の規定値におけるサイレント故障発生率の上限値は大きくなる。

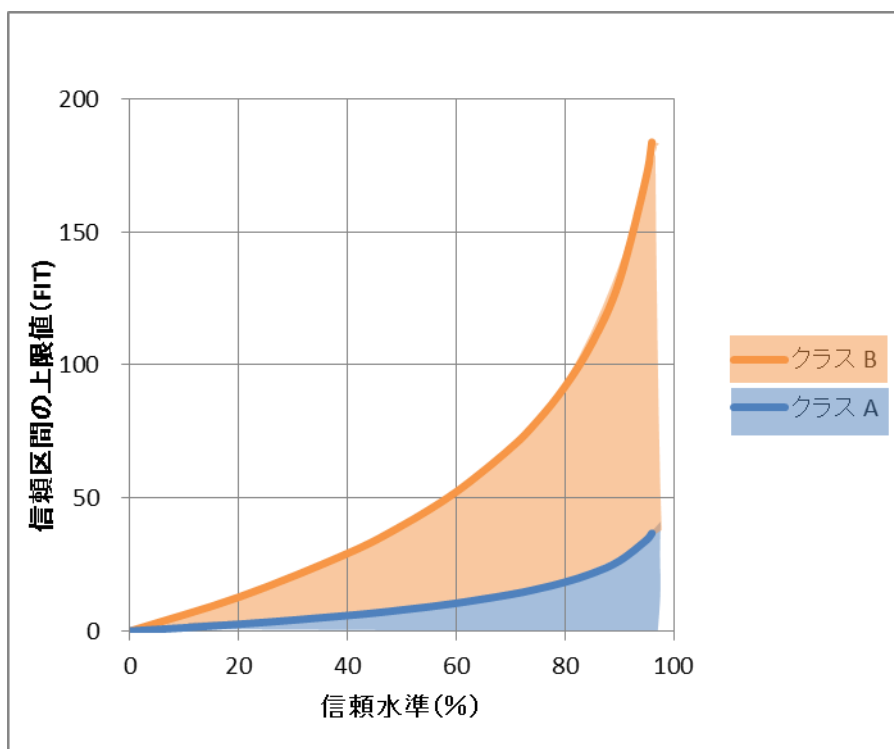


図 I.1 AR における信頼区間上限値対信頼水準

### I-2 サービス信頼度基準

対象ネットワーク内の装置台数とクライアント信号断発生回数との関係を図 I-2.3 に示す。例えば、クラス A の装置 1000 台で構成したネットワークにおける SR(M) は月 1.5 回未満、SR(C) は年 1.8 回未満となる。

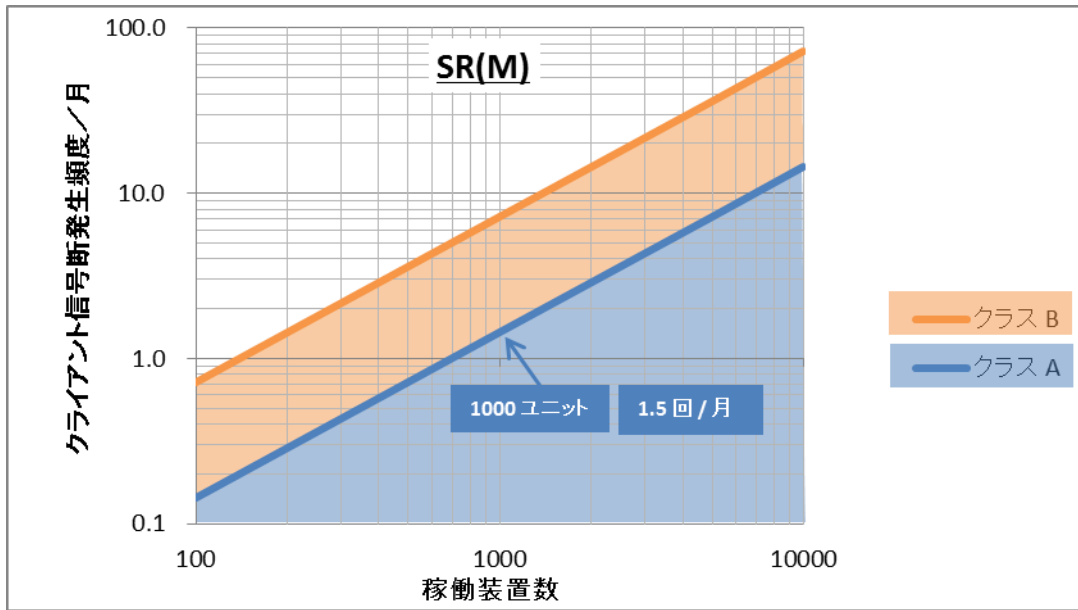


図 I.2 SR(M)における信号瞬断の予想発生頻度

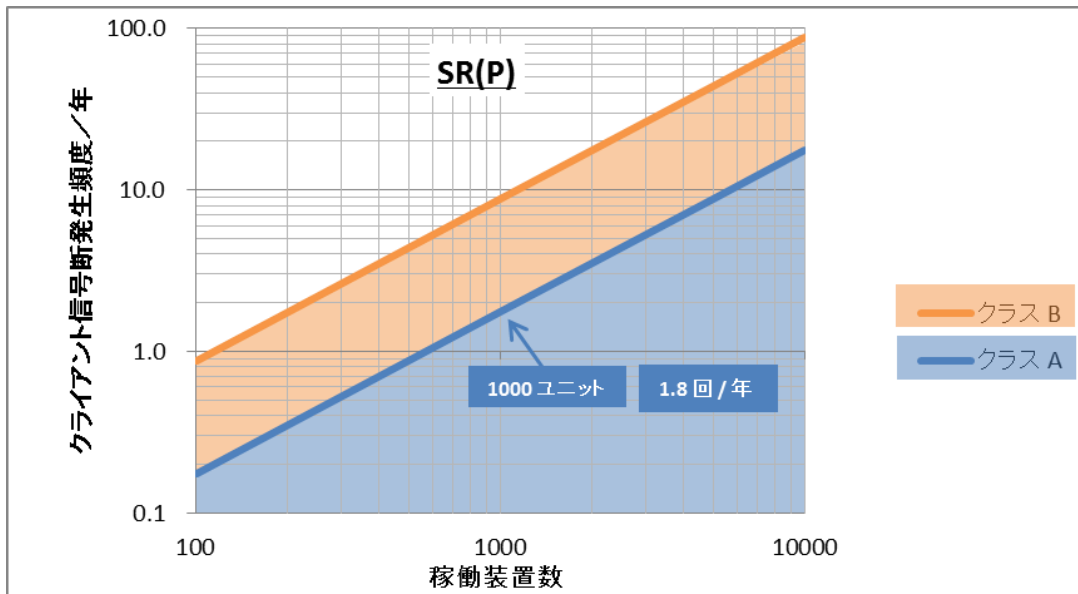


図 I.3 SR(P)における信号継続断の予想発生頻度

### I-3 保守信頼度基準

対象ネットワーク内の装置台数と保守作業回数との関係を図 I-4 に示す。例えば、クラス A の装置 1000 台で構成したネットワークにおける復旧に保守者介入が必要なソフトウェア故障の発生頻度は月 1.5 回未満となる。

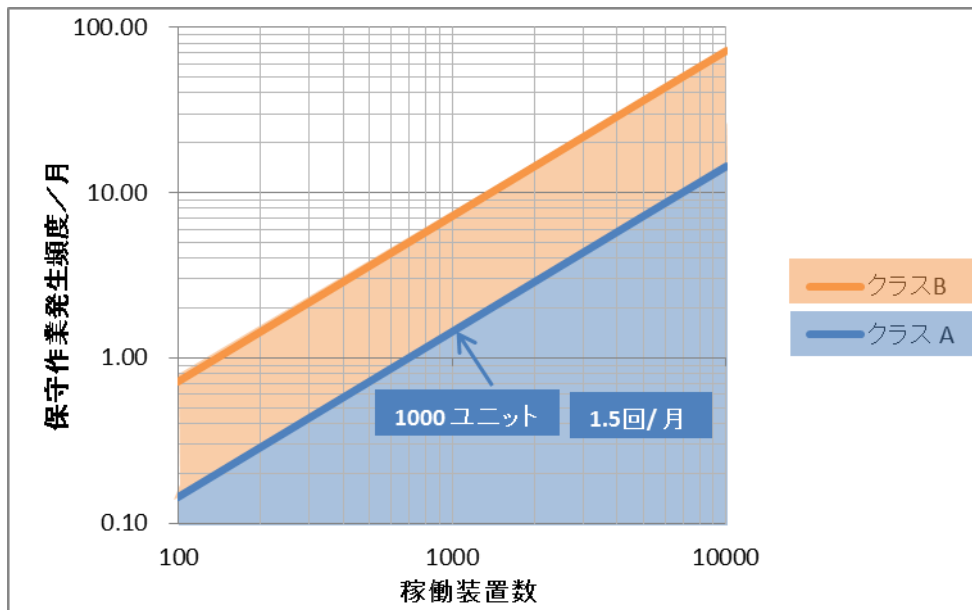


図 I.4 MR における保守作業の予想発生頻度