

平成23年度  
機械設計技術者試験  
1級 試験問題 I

第1 時限 9：30～11：30（120分）

1. 設計管理
2. 機械総合基礎
3. 環境経営

平成23年11月20日実施

主催：社団法人 日本機械設計工業会

## [1. 設計管理]

1-1 「設計の効率化と管理の考え方」に関する次の2つの文章の中の空欄を埋めるのに最も適切な語句を、(1)、(2)のそれぞれの文章の下にある〔語句群〕から選び、その番号を解答欄に記入せよ。

(1) 「設計」についてはいろいろな定義があるが、簡単にいえば「設計は、要求事項または、目標とする条件を最もよく満たすように計画し、それを具現化するための A を作成する作業である」となる。また、設計において目標そのものを創り出すこともある。多くの研究者や技術者による工学技術に関する基礎的な研究・開発の成果も、設計プロセスによって、はじめて世のため人ためになるものへと具現化される。

近年、科学技術の急速な進展と社会情勢の変化、顧客ニーズの多様化などにより、製品機能の高度化、多様化、複合化、B の短縮化が進んでいる。また、C 軽減への対応も重視されている。このような状況下で、企業はそれらに対応した競争力の高い優れた製品を顧客に提供する必要がある。製品の開発、設計を担当する設計部門としては、質的な要求に確実に対応するとともに、増加する仕事量をタイミングよく消化しなくてはならない。設計部門の役割はますます重要になってきている。

以上のような状況に対応して、設計部門としては、「質のよい仕事を効率よく行う」、いわゆる「設計の効率化」と「適正な管理」が必要となり、それは企業にとって重要な課題になっている。D の目標は、社会・個人（顧客）に対して、製品とサービスを通じて貢献することと、企業として適正な利潤をあげて健全な経営を維持し、さらにそれを発展させて従業員・出資者・取引先などに貢献することである。企業の各部門は、この目標に向かってそれぞれの活動を行うとともに、担当業務の改善に取組んでいる。その中で設計部門においては、この目標により良く対応するための業務の効率化を積極的かつ効果的に進めなければならない。

効率化とは、少ないインプットで多くのアウトプットを得ることであり、その内容は製品の品質・コスト・工期を最適なものにすることと、能率よく仕事を多くの設計結果をアウトプットすることである。またインプットの面では、人間・設備機材などを効果的に運用し、少ない注入資源・低いコストで設計を行うことである。また、設計部門を1つの利益単位として考えた場合、設計部門の原価構成は、E が少なく、ほとんどが人件費、設備費などの F が大部分を占めている。そのため、わずかな売上高の変化が損益にあたえる影響は大きい。すなわち利益感度が大きいという特性をもっている。このことから効率化と稼働率の向上による売上高の増加は、設計部門の経営に直接的で大きな利益をもたらすことになる。逆に、効率の低下や仕事量の減少による売上高の減少は、大きな損失を出すことになる。このことから、設計部門の効率化と仕事量については十分な注意が必要である。

[語句群]

- |         |            |         |              |
|---------|------------|---------|--------------|
| 1. 環境負荷 | 2. 企業活動    | 3. 営業活動 | 4. 製品ライフサイクル |
| 5. 変動費  | 6. 固定費     | 7. 経費   | 8. 技術情報      |
| 9. 製品仕様 | 10. リードタイム |         |              |

(2) 設計部門を効率的に運営することを目的に行う活動を一般に「設計管理」といい、その内容は2つに分けることが出来る。1つは設計部門の直接・間接業務を改善し能率向上させることである。この直接業務と間接業務は設計部門の内容や規模に応じて **G** し、それぞれの業務の能率化を図るとともに、直接業務を行う設計技術者が **H** に専念できるようにして、創造的業務の比率を増加させることが必要である。もう1つは、設計部門を効率よく運営するよう適正な管理を行うことである。その改善と管理の対象は、「**I**」・「設計のコスト」・「設計の日程」である。なお、設計に関する工学・技術の高度化は、設計の質と能率の面で直接寄与することから、効率化の施策を考えるとき、この面も重視しなければならない。

設計部門の効率化を **J** に寄与するように効果的に進めるためには、企業全体の経営活動を考えなければならない。効率化は思い付いたところから恣意的に行うのではなく、総合的・計画的に行うことにより、よい結果がえられる。設計部門の諸業務を点検し、その改善を検討し、改善案について効果と実行の容易性（改善に要するヒト・モノ・カネ）を考慮し、正しい優先順位で施策を実施しなければならない。設計部門全体にかかる総合的な業務システムの改善および管理の適正化が必要である。

効率化推進の要点をいくつか上げてみる

- 1) 企業の経営計画に基づく設計部門計画に整合した効率化施策の立案・実施。
- 2) 設計管理システムは、企業の経営・管理の全体システムの中のサブシステムとして、他の関連システムと連携したものとする。
- 3) 長期的な視野（2～3年以上）をもって計画し実行する。
- 4) 改善のためのシステム・設備機材・**K** の情報を広く収集し、先見性のある計画を行う。
- 5) 改善のための諸手法を効果的に利用する。
- 6) 企業内の他の改善活動（**L**、提案制度、目標管理など）と連携する。
- 7) 効率化推進システムを設定し実施する。

以上要点をいくつかあげたが、設計部門の業務に従事している人々の効率化への参加意欲と改善意欲がベースとなる。

[語句群]

- |           |          |         |            |
|-----------|----------|---------|------------|
| 1. 主体業務   | 2. 小集団活動 | 3. 設計の質 | 4. 分業化・専門化 |
| 5. 標準化    | 6. 付帯業務  | 7. 技術動向 | 8. 設計審査    |
| 9. 付加価値設計 | 10. 企業経営 |         |            |

1-2 「製品データ管理システム（PDM：Product Data Management System）」に関する次の文章の中の空欄を埋めるのに最も適切な語句を、下記の〔語句群〕から選び、その番号を解答欄に記入せよ。

設計は製品を生産するための製品情報をアウトプットし、これをもとに生産管理部門において[A]が作成され、製品が製造される。設計からアウトプットされる製品情報は部品展開され、製造指示情報になるとともに、これにより品質管理、原価管理、日程管理も行われる。この過程において現在ではほとんどの場合[B]が利用されており、設計からの出図方式および、図面や部品表などの内容は、製造指示情報の作成や諸管理に適応するものでなくてはいけない。これらの機能は製品データ管理システム（PDM）の領域である。

PDMは、設計品質の向上、設計部門のグローバル化、部門全体の生産性向上を目的として設計のあらゆる情報を処理し、情報の伝達、共有、保管を可能にするシステムである。従来の[C]は、図面データの検索、管理、出図など図面に関する情報を扱うものであったが、PDMでは製品に関わる技術情報や製品ライフサイクルのプロセス情報まで扱う。すなわち、

- 1) 製品の[D]機能
- 2) 図面や仕様書など製品設計に関わる情報の実態と[E]機能
- 3) 設計進捗を管理するプロセス管理機能

などから構成されている。従って、PDMは[F]された設計情報を、「製品」をキーとする生産業務全体を総合的に管理するシステムである。従来の[C]が設計部門を中心にして利用されてきたのに対して、PDMは設計情報の究極活用として部門間を越え、[G]、設計、生産技術、購買部門など、かなり広範囲の部署を対象として発展している。現在では、海外現地設計や生産拠点向けの情報（規制、法律、調達、生産、保守）を含むビジネス環境へのニーズに向けて、さらなる展開を進めている。PDMのキーコンセプトは「一気通貫」、「[H]」であり、情報の流れを迅速に、継続的に管理していくことが必要である。

設計管理者は、常に周囲のシステムの変遷に目を向け、設計をサポートするのに最適な方法を考えることに努め、システムの拡充を目指すことを強く望みたい。

#### 〔語句群〕

- |           |             |              |            |
|-----------|-------------|--------------|------------|
| 1. 部品構成管理 | 2. 標準化      | 3. 販売情報      | 4. 情報の共有化  |
| 5. 商品企画   | 6. 電子化      | 7. 生産情報      | 8. 情報の私物化  |
| 9. コンピュータ | 10. バージョン管理 | 11. 図面管理システム | 12. クレーム対策 |

## [2. 機械総合基礎]

システムあるいは機械装置が故障を生じた場合には、社会に多大な損失を与える場合がある。そこで、システムあるいは装置の故障率を推察して、設計や製造、検査過程等の要所要所で対策を図る必要がある。

システムあるいは装置の故障率は、システムあるいは装置を構成するサブシステムあるいはユニットの故障率に依存する。そしてそのサブシステムあるいはユニットの故障率はそれを構成する機械部品の故障率に依存する。更に、機械部品の故障率は、機械部品を構成する要素部品の故障率に依存する。このように、一種の階層構造をなすものとして扱う必要がある。

そこで、図1に示したように、上位から下位へ向けてトップダウン方式で、システムあるいは装置を構成するあらゆる物を取り上げ、それに付随する故障(機能を損なうこと)の現象、要因を探求していく。そして、その事象が、どんな確率で生じるか推察していく。最終的には設計段階で考慮すべき部品の強度設計のあり方にまで到達することになる。

図1はエンジンの故障についての例を示したものである。事象や要因を分かり易くするため、□で囲んだ部分では故障の現象を記述している。○で囲んだ部分は、その故障を来していると考えられるより、具体的な要因あるいは部品を示している。従って、□の下位に○が記述される場合もあるし、○の下位に、□が記述される場合もある。

この、樹状の図はFT図(Fault Tree)と呼ばれ、デザインレビューでも重要な審査項目の一つとなっている。

### 2-1 FT図(Fault Tree)の構築

自転車という機械装置について、図1にならってFT図を示せ。解答用紙には、ハンドルの切れが悪いというような、上位での故障現象例を幾つか□内に示してある。従って、解答では、ハンドル系の場合には更にハンドルを構成するハンドル軸やフォーク等幾つかのユニット(FT図では下位の階層に当たる)に分解し、そのユニットの生じる故障現象を推察する。そして更にそのユニットを構成する部品、タイヤ、リム、スプローク等(FT図では更に下位の階層となる)にまで分解し、その部品等に生じる故障現象を推察する。他の系についても同様に構築して行けば良い。

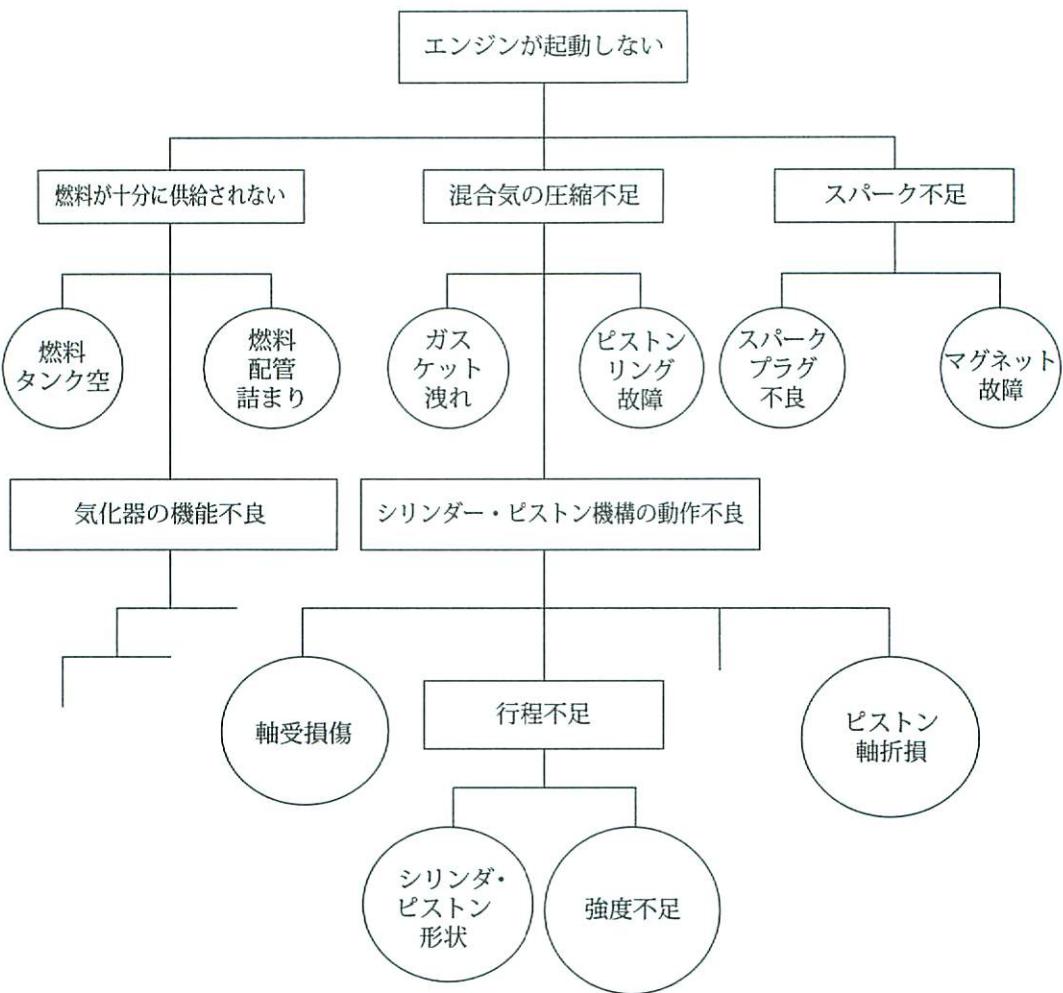
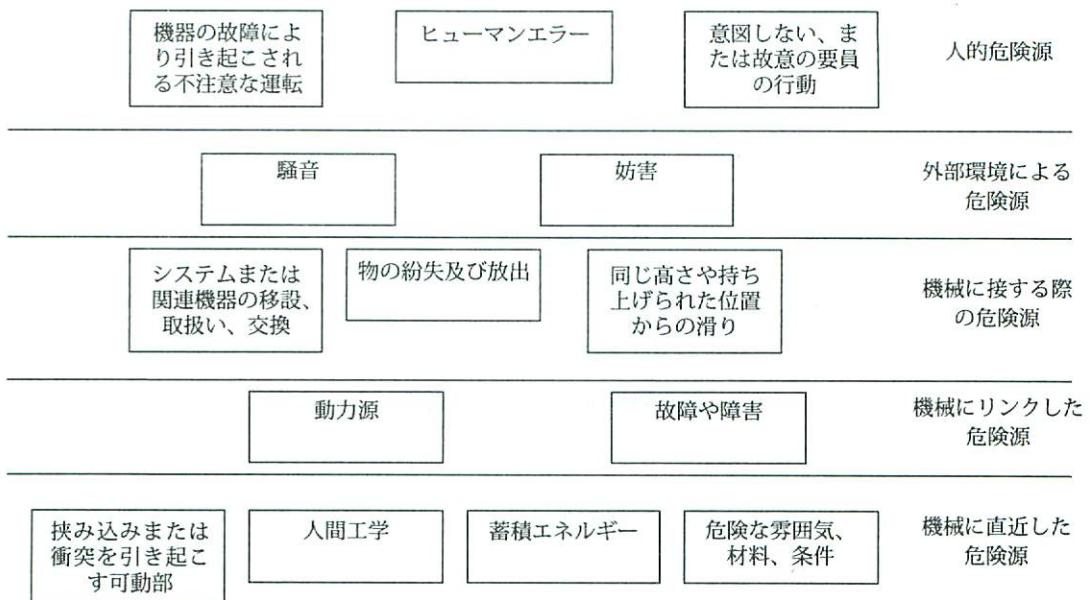


図1 エンジンについてのFT図例

### 【参考】

より大きなシステムについて階層化をどのような視点で行うかは、規格ANSI R15.06に示されている危険源に依るのがよからう。付図は規格ANSI R15.06を示したものである。これとシステムの構造を照らし合わせて階層構造化を図っていけばよい。



付 図

## 2-2 故障率の算出

(1) 機械は、いつまでも規定された機能（特性）を維持できるわけではなく、故障を起こす。故障を発生する確率も、設計者は熟知していなくてはならない。図2は経過時間と故障率の関係を示したもので故障率曲線と呼ばれるものである。機械や部品の故障率を時間に対して示したものである。第Ⅰ期(初期故障の期間と呼ばれる)、第Ⅱ期(突発故障の期間と呼ばれる)、第Ⅲ期(摩耗故障の期間と呼ばれる)と時間経過につれ故障率が変化する。図に示したようになる理由を述べよ。

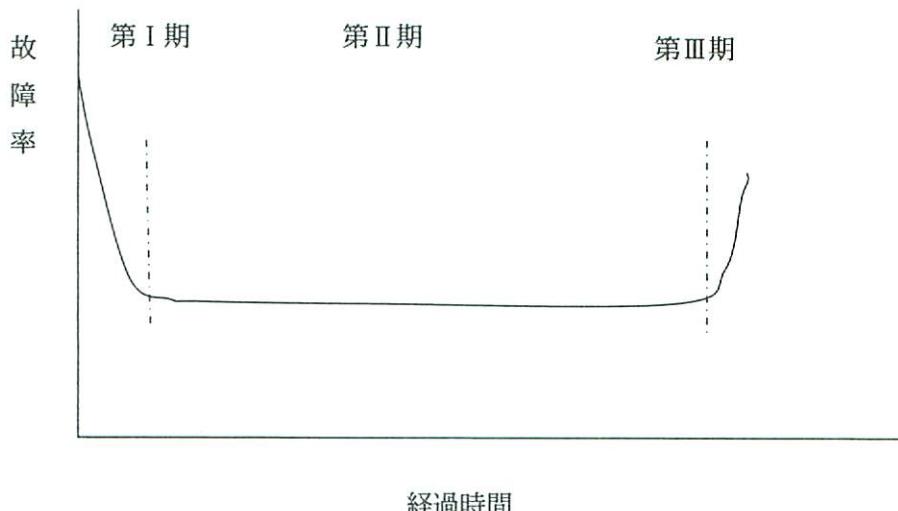


図2 故障率曲線

(2) 第Ⅱ期の故障率 $p$ は、ある時点で存在している製品個数 $N$ とその時点で故障し市場から消え去る個数 $dN/dt$ との比、すなわち

$$p = -\frac{1}{N} \frac{dN}{dt}$$

で与えられる。

1) この式を積分し、故障率を、

$t_0, t_m$ : 観察を始めた時の時間及び経過後の時間

$N_0, N_m$ :  $t_0$ 時での製品個数、 $t_m$ 時に残存している製品個数

を用いた関係式で示せ。

次いで、100個生産した製品が5年間で10個故障した場合、1年間当たりの故障率を誘導した式により求めよ。

2) また、設計者としてこの製品について、いかなる評価を与えるか述べよ。

ただし、自然対数の値は次表を利用すること

$x$	$\ln x$	$x$	$\ln x$
1.05	0.04879	1.16	0.14842
1.06	0.05827	1.17	0.15700
1.07	0.06766	1.18	0.16551
1.08	0.07696	1.19	0.17395
1.09	0.08618	1.20	0.18232
1.10	0.09531	1.21	0.19062
1.11	0.10436	1.22	0.19885
1.12	0.11333	1.23	0.20701
1.14	0.13103	1.24	0.21511
1.15	0.13076	1.25	0.22314

### 2-3 FTA (Fault Tree Analysis) への展開

FT図において、故障の要因が図3に示したようにA、Bになっていたとする。

以下の□に当てはまる式を求めよ。ただし、Aが単独で故障要因を生じる確率は $p_1$ 、Bが単独で故障要因を生じる確率は $p_2$ であるとする

- (1) A、Bのどちらかが故障要因（故障モードとも言う）を生じたら、機能しなくなる（故障する）確率を求める（図3-1の場合）。

この場合は、

{Aの部品が故障要因を生じ、更にBの部品も故障要因を生じる確率+Aの部品が故障要因を生じるが、Bの部品は故障要因を生じない確率+Bの部品が故障要因を生じ、更にAの部品も故障要因を生じる確率+Bの部品は故障要因を生じるが、Aの部品は故障要因を生じない確率}

となる。従って、

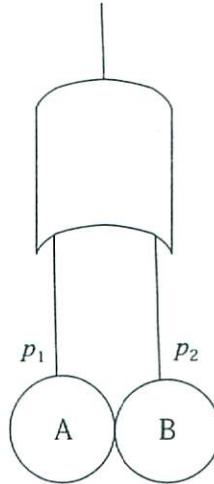
- 1) Aの部品が故障要因を生じ、Bの部品も故障要因を生じる場合の確率を求めよ。

- 2) Aの部品が故障要因を生じ（確率 $p_1$ ）、Bの部品は故障要因を生じない（確率 $(1-p_2)$ ）場合の確率を求めよ。

- 3) Bの部品が故障要因を生じ、Aの部品も故障要因を生じる場合の確率を求めよ。

- 4) Bの部品が故障要因を生じ（確率 $p_2$ ）、Aの部品は故障要因を生じない（確率 $(1-p_1)$ ）場合の確率を求めよ。

- 5) 従って、機械が機能しなくなる（故障する）確率を求めよ。



(1) の場合の故障確率を表現する図示法

図3-1 故障確率の求め方と図示法

(2) A、Bともに故障を生じた場合、装置としては機能しなくなる（故障する）確率を求める（（図3-2）の場合）。

この場合は、

$1 - \{(A, B \text{ともに故障要因を生じない確率}) + (A, B \text{どちらかが故障要因を生じるが、他方が故障要因を生じない確率}\}$

となる。従って

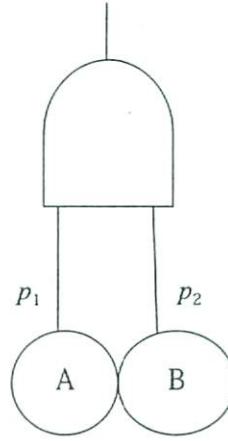
1) A、Bともに故障要因を生じない場合の確率は

2) Aは故障要因を生じるが、Bは故障要因を生じない場合の確率は、

3) Bは故障要因を生じるが、Aは故障要因を生じない場合の確率は、

4) 従って、{}内の確率は、

5) 従って、機械が機能しなくなる（故障する）確率は、



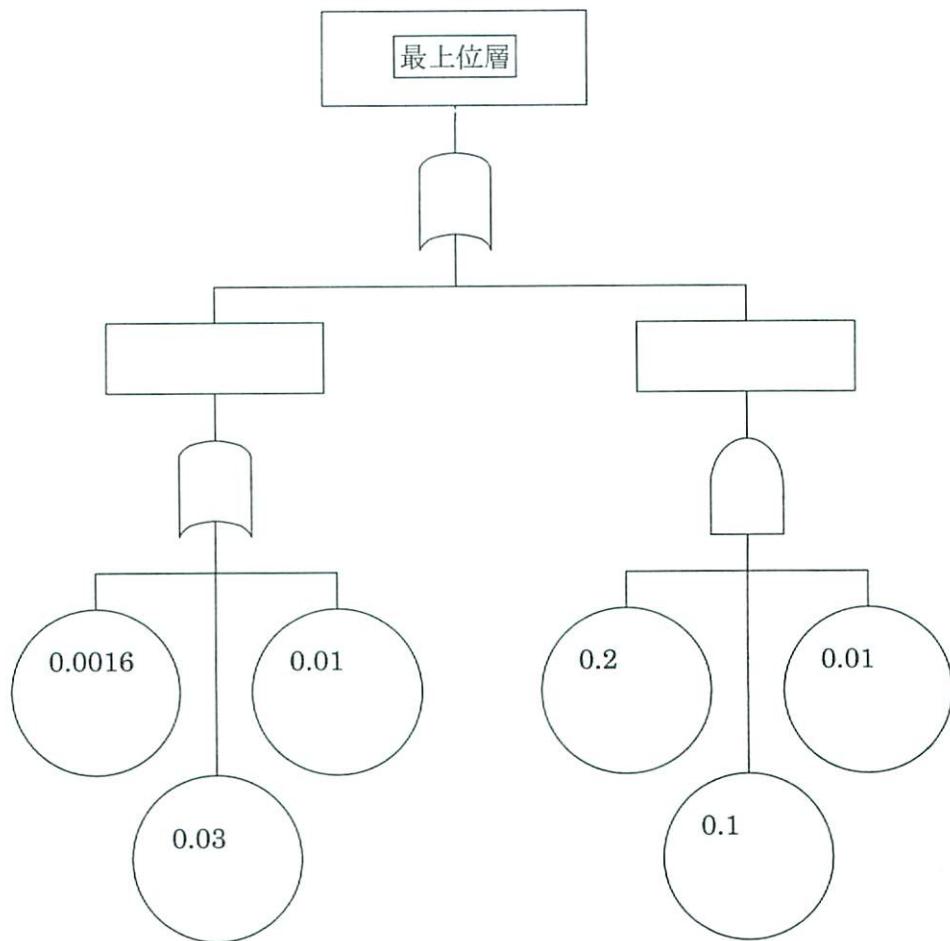
(2) の場合の故障確率を表現する図示法

図3-2

## 2-4 FTAの具体的処理

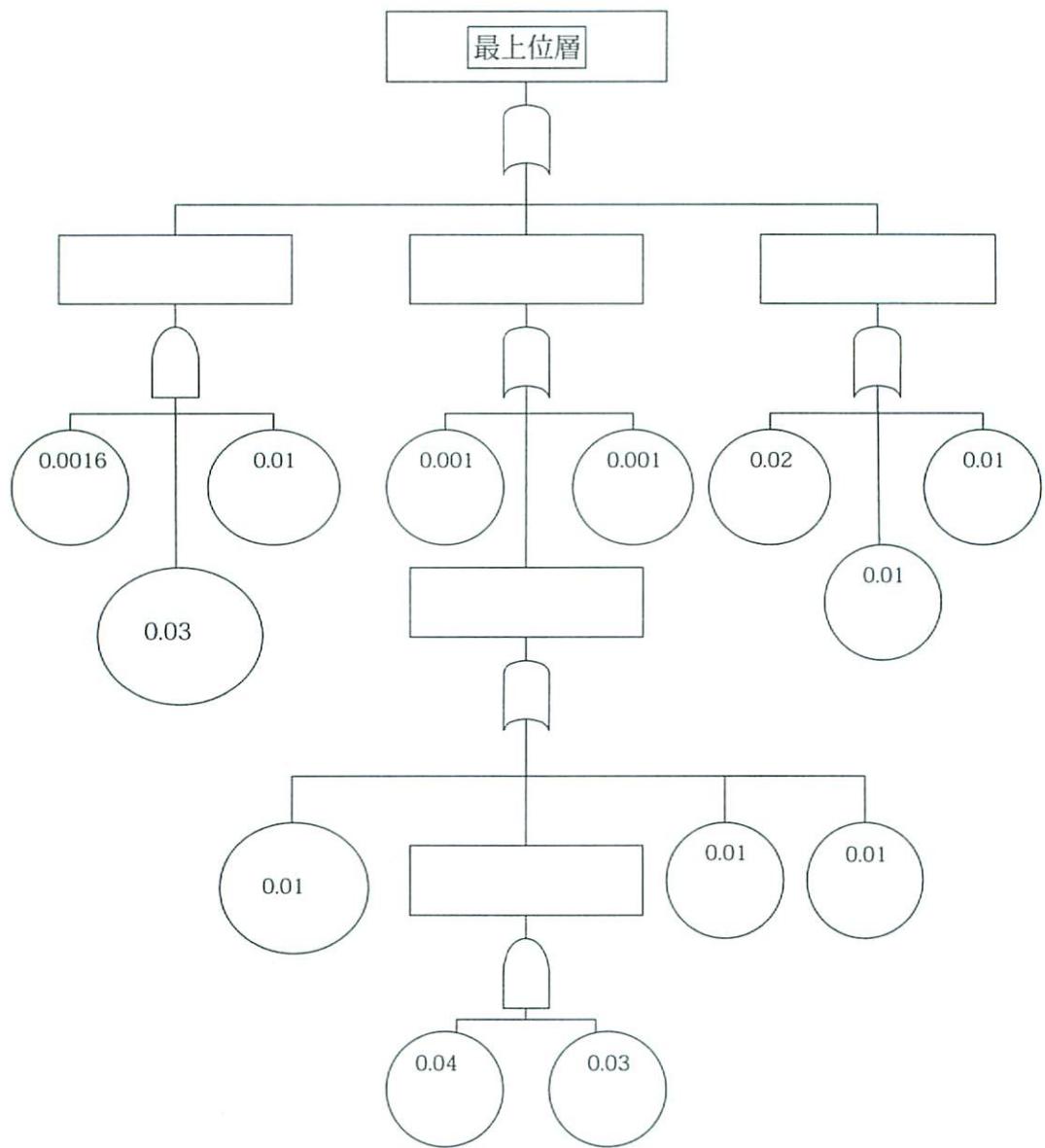
自転車のFT図の一部に故障率を割り振った場合、図4(a)、(b)のようになった。

□内での故障の確率を求めよ。ただし、数値の単位は〔1／年〕とする。



(a) ハンドル系

図4 自転車の故障確率



(b) 動力伝達系

図4 自転車の故障確率

2-5 2-4で算出された故障率に対して、以下の表に従って、発生の程度を評価し、設計上注意すべき事項を述べよ。ただし、(a) の最上位層はハンドル系、(b) の最上位層は動力伝達系であることに留意し、チェーンスプロケット、ペダル、スポークなどの構造を想定して述べること。自転車は1日当たり2時間、365日間乗車するものとする。

表 故障率の基準例

故障率（1/時間）	発生の程度（目安）
$1 \times 10^{-7}$	ほとんど発生しない
$1 \times 10^{-6}$	発生しうる（10～100年に一回程度）
$1 \times 10^{-5}$	発生しそう（1～10年に1回程度）
$1 \times 10^{-4}$	かなり発生しそう（1年以内に1回程度）
$1 \times 10^{-3}$	多く起こう（半年以内に1回程度）

### [3. 環境経営]

3-1 東日本大震災と東京電力福島原子力発電所事故で、大規模集中型の電力供給体制のリスクが顕在化してきた。電力・都市ガスの供給が途絶え、石油の入手も殆ど困難となつた被災地で、いち早く生活の支えとなったエネルギーは、薪（ペレット）ストーブや太陽電池、太陽熱温水器など分散型の再生可能エネルギーだった。一方、原発事故は収束に向け、懸命な努力が続けられている。そして、電力不足の関東では分散型のガスエンジン発電機によるコジェネレーション（熱電併給）システムの需要が急増している。

このような状況下で、我が国のエネルギー政策の見直しの機運も高まっている。我が国のこれからエネルギー政策・戦略はどうあるべきか、あなたの考えを添付の解答用紙一枚以内にまとめて記述せよ。

（なお、必要に応じて下記のキーワードを使っても良い）。

#### [キーワード]

- |               |                |           |
|---------------|----------------|-----------|
| 1. 分散型        | 2. 原子力発電       | 3. 火力     |
| 4. 水力         | 5. 地熱          | 6. 太陽光    |
| 7. 太陽熱        | 8. 天然ガス        | 9. 節電・省エネ |
| 10. バイオマス     | 11. 安定供給       | 12. LED照明 |
| 13. ISO 50001 | 14. エネルギー危機    | 15. 省エネ家電 |
| 16. 核廃棄物      | 17. 家庭用蓄電池     | 18. 地球温暖化 |
| 19. 発電・送電分離   | 20. 風力         | 21. 地中熱利用 |
| 22. 大規模集中型    | 23. 発電コスト      | 24. 廃炉    |
| 25. 再生可能エネルギー | 26. ライフサイクルコスト |           |