金　属　疲　労

― 現象の理解から設計の基礎へ ―

日本材料学会 疲労部門委員会 編

コ ロ ナ 社

金属疲労_最終.indd 1 2026/10/27 15:32

■「金属疲労―現象の理解から設計の基礎へ―」編集小委員会

編著者

曙　紘之（広島大学）
植松美彦（岐阜大学）
小熊博幸（国立研究開発法人物質・材料研究機構）
菊池将一（静岡大学）
杵渕雅男（株式会社神戸製鋼所）
小茂鳥潤（慶應義塾大学）（委員長）
菅田淳（広島大学）

執筆協力者

伊藤隆基（立命館大学）
大宮正毅（慶應義塾大学）
大本洋平（三菱電機株式会社）
加藤孝憲（日本製鉄株式会社）
久保田祐信（九州大学）
小山敦弘（長崎大学）
塩澤大輝（神戸大学）
島村佳伸（静岡大学）
鈴木智博（株式会社豊田自動織機）
高橋宏治（横浜国立大学）
牧野泰三（元日本製鉄株式会社）
松永久生（九州大学）
松原剛（名城大学）
水谷義弘（東京科学大学）

（所属は 2026 年 9 月現在，五十音順）

ま　え　が　き

金属疲労が関与する事故は，科学技術が進歩し，時代が移り変わってもなお後を絶たない。その一因として，疲労に関する「知識」は書籍や Web などを通じて広く共有されている一方で，その知識を適切に活用するための「学識」が十分に継承されていないことが挙げられる。そもそも疲労に関する「知識」は，材料力学や材料工学といった複数分野の知識の習得を前提としており，個別の知識を断片的に理解するだけでは実務において適切に活用することが難しいという側面もある。

例えば，*S*–*N* 曲線に関する知識を得て，それに基づいて疲労寿命を計算したとしても，実際には疲労破壊事故が生じる場合がある。重要なのは，単に式を知っていることではなく，「その式を適用してよい条件なのか」，「どのような前提のもとで用いるべきか」，「実際の使用条件がどのようなものであるか」を考えることである。こうした判断を支えるものこそが，本書でいう「学識」であり，疲労破壊事故の抑制には，この学識を次世代へ継承していくことが不可欠だと考えている。

本書は，疲労に関する知識を体系的に理解することに加え，疲労設計を行う際に「何を考えるべきか」を読者に伝えることを重視して執筆した。カバー裏面に示したイラストも，その考え方のイメージを表現したものである。疲労破壊の基本的なメカニズムを理解していたとしても，それだけで事故を完全に防ぐことは難しい。計算式や設計指針は，その適用範囲や前提条件を十分に理解したうえで用いる必要があり，その判断を誤ることが重大な事故を引き起こすこともある。

このような観点から，本書では，多くの専門書で解説されている知識そのものについての記述は必要最低限にとどめ，知識を得た後に「何を考えるべきか」という点に重点を置いた。また，通常の専門書とは異なり，1 章から順を追って読み進めることで，読者が自然にその考え方を身につけられる構成としている。

本書は，疲労に関する研究をこれから始めようとする初学者や，疲労設計に初めて取り組もうとする技術者を対象として，疲労を単に「知る」だけでなく，その現象や設計について深く「考える」ことができるようになってもらいたいという意図のもとにまとめたものである。1 章では，疲労設計がなぜ重要なのかについて，これまでに発生した破壊事故の実例をあげながら説明している。2 章では，疲労試験を実施するうえで最低限知っておかなければならない材料力学の基礎知識をまとめている。3 章では，金属疲労がどのようなメカニズムで発生し，破壊に至るのかについて，これまでに得られている研究成果をもとに説明している。疲労特性には，材料，形状，表面状態，環境など，さまざまな因子が影響を及ぼす。4 章ではこれらの影

金属疲労_最終.indd 3　2026/10/27 15:32

響因子について整理し，5 章ではそれらと関連づけながら，疲労特性を向上させるための具体的な方策を示している。6 章では疲労設計を取り上げるが，冒頭に述べたとおり，単に設計手法を示すのではなく，疲労設計を行う際に必要となる考え方を伝えることを意識してまとめた。本書が，金属疲労という現象を理解し，さらに疲労について自ら「考える」ための一助となれば幸いである。

2026 年 9 月

公益社団法人　日本材料学会　疲労部門委員会
「金属疲労―現象の理解から設計の基礎へ―」編集小委員会

目　　次

1章　疲労設計の重要性

1.1　は　じ　め　に …… 1
1.2　疲労破壊事故の歴史と得られた教訓 …… 2
1.2.1　は　じ　め　に …… 2
1.2.2　英国ジェット旅客機の疲労破壊事故 …… 2
1.2.3　想定外の繰返し応力による疲労破壊 …… 4
1.2.4　新しい技術の適用時に発生する疲労破壊事故 …… 6
1.3　壊れないモノを設計するための基本概念 …… 7
1.4　疲労設計の基本概念 …… 10
引用・参考文献 …… 11

2章　材料の疲労特性を評価する方法

2.1　疲労領域の分類とその特徴 …… 13
2.2　疲労試験の方法と関連する材料力学の基礎 …… 14
2.3　疲労試験データの表し方 …… 21
引用・参考文献 …… 24

3章　金属疲労のメカニズム

3.1　疲労亀裂の発生 …… 25
3.2　応力集中と表面性状の影響（切欠き効果） …… 32
3.3　亀裂の開閉口挙動 …… 37
3.4　疲労亀裂の停留 …… 40
3.4.1　平滑材の疲労限度と停留亀裂 …… 40
3.4.2　切欠き材の疲労限度と停留亀裂 …… 41
コラム　10^7 回を超える領域，超高サイクル疲労 …… 43
引用・参考文献 …… 44

金属疲労_最終.indd 5　2026/10/27 15:32

4章　疲労特性に影響を及ぼすさまざまな因子

4.1　機械的特性との関係 …… 48
4.2　応力集中と表面性状の影響（切欠き効果） …… 50
4.2.1　切欠きと疲労限度 …… 50
4.2.2　表 面 の 影 響 …… 54
4.3　微小欠陥・介在物の影響 …… 54
4.4　寸法の影響（寸法効果） …… 57
4.5　平均応力と残留応力 …… 58
4.6　変動荷重と組合せ応力 …… 62
4.6.1　実　働　応　力 …… 62
4.6.2　実働応力波形の計数法 …… 63
4.6.3　実働応力下の疲労寿命推定法 …… 65
4.6.4　組 合 せ 応 力 …… 67
4.6.5　多軸疲労強度特性 …… 68
4.7　その他の影響因子（接触の影響，繰返し速度，応力波形，環境の影響） …… 69
4.7.1　接 触 の 影 響 …… 69
4.7.2　繰返し速度，応力波形，環境の影響 …… 73
引用・参考文献 …… 73

5章　良好な疲労特性を発現させるための方策

5.1　材 料 の 選 択 …… 77
5.2　部品形状の設計 …… 78
5.3　表面処理の導入 …… 82
引用・参考文献 …… 86

6章　疲労設計の考え方

6.1　疲労設計の流れ …… 89
6.2　疲労限度設計と疲労寿命設計 …… 92
6.3　疲労設計を行う際に考慮すべきポイント …… 93
6.3.1　作用応力および疲労強度の変動要因と安全率 …… 93
6.3.2　設計に用いる応力 …… 95
6.3.3　許容応力と設計 *S*–*N* 曲線 …… 101

金属疲労_最終.indd 6 2026/10/27 15:32

6.3.4　設計応力と許容応力の比較による仕様決定 …… 104
6.4　規格から学ぶ疲労設計 …… 104
6.4.1　溶接継手（日本鋼構造協会（JSSC）疲労設計指針（2012）） …… 105
6.4.2　鉄道車軸（鉄道車輌工業会 JRIS D1201-1 鉄道車両–車軸強度–強度設計法,
JRIS D1201-2 鉄道車両–車軸強度–疲労損傷評価法） …… 106
6.4.3　規格からわかること …… 106
6.5　疲労設計の実際：台車を支持する車軸の設計例 …… 107
6.5.1　設計する車軸の概要 …… 108
6.5.2　設計応力の算出 …… 109
6.5.3　許容応力の設定 …… 109
6.5.4　疲　労　設　計 …… 111
6.5.5　ま　　と　　め …… 112
引用・参考文献 …… 112

索　　引 …… 113

1章 疲労設計の重要性

われわれの身の回りは多くの工業製品であふれている。それらがわれわれの生活を豊かにしていることは間違いない。そのような工業製品が使用中に壊れると，時には人命を損なうような大きな事故につながる。このような悲劇を起こさないようにするためにも，設計者は疲労設計の重要性を十分に理解する必要がある。本章では，具体的な疲労破壊事故の実例を示しながら，モノが壊れる条件について考える。

1.1 はじめに

「モノつくり」という言葉を世の中で耳にするようになってから多くの月日が流れている。周知のとおり，われわれの身の回りには，多くのモノがあふれている。机，椅子，パソコン，あるいは自転車，自動車などの乗り物などは，普段の生活のなかで何気なく利用しているかもしれない。ただ，これらを設計し製作する過程では，さまざまな事象が想定され，安全性を確保したうえで安心して使えるように多くの努力が注ぎ込まれている。

さまざまな事象を想定して設計された機械や構造物は，設計者の要求に従い製作され，厳しい検査に合格した製品だけがわれわれの身の回りで使われているといっても過言ではない。例えば航空機，大型船舶，鉄橋や発電プラントなどの巨大な構造物から，最近では，人工関節や人工骨，血流を確保するために血管内に留置されるステントなど，ヒトの体内で使われるような小さな機械も身近で利用されるようになってきており，これらの安全性の確保は，安全で安心な社会の実現のためにも重要な課題となっている。本書では，あらゆる機械や構造物の安全性確保のために，金属の疲労破壊の抑制を目指した疲労設計に関わる基本的な考え方を学ぶ。

金属疲労のメカニズムについては本書では3章で詳細を説明するが，これを簡単にいうならば「1回の負荷では破断に至らないような小さな応力やひずみでも，それが繰返し負荷されると破壊に至る現象」である。小さな応力が繰返し作用する機械は身の回りにも多く存在する。例えば新幹線の車軸を考えてみる。仮に新幹線の車輪の径をおおむね 860 mm とすると，それが一回転すると約 2.7 m 進むことになる。例えば東京–博多間は 1 069.1 km なので，この間を一往復すると車軸はおよそ 79 万回転することになる。鉄道の車軸には 2.2 節で解説するような曲げ応力が発生するので，東京と博多の往復で，車軸には 7.9×10^5 回の繰返し応力が作用することを意味している。金属部品の疲労設計を行う際，理由は後述するが，一定の応力を 10^7 回繰

返し作用させたときに耐えられる，つまり 10^7 回の繰返し応力でも破壊しないという点が重要な設計指標となる場合がある。その繰返し数を，新幹線の場合に適応すると東京–博多間を12.6 往復するだけで達成することになる。一週間で数往復することを想定すると，新幹線の車軸の疲労設計はきわめて重要といえる。

このほかにもわれわれの身の回りには，使用期間中に繰返し負荷が作用する機械や構造物は数多くある。その種類により，作用する負荷の大きさや繰返し数が千差万別である中で，安全性を確保するための疲労設計には，共通の概念（考え方）がある。本書は，機械や構造物の疲労破壊を防止するための基本的な考え方をわかりやすく整理し，読者が効率的に理解できるよう構成している。

1.2 疲労破壊事故の歴史と得られた教訓

1.2.1 は じ め に

人類はこれまで材料の疲労を原因とする多くの破壊事故を経験してきたが，そこから得たさまざまな教訓を体系化し，機械や構造物の破壊防止に役立てている。**表 1.1** は，疲労が関与した代表的な破壊事故事例である[1)†]。表には発生年月と事故の内容を示した。事故によっては，その原因が疲労だけではなく，ほかの要因も絡んだ複合原因のものも多い。本節では，過去の代表的な疲労破壊事故を振り返りながら，それらの事故から得た知見の概要を述べ，それが本書ではどの章に記載されているかを述べる。

1.2.2 英国ジェット旅客機の疲労破壊事故[1),2)]

この事故（表 1.1 ②）は，1953 年から 1954 年にかけて立て続けに発生した金属疲労を原因とする旅客機の墜落事故であり，機械工学分野にかかわる技術者が学ぶべき三大事故の一つといわれている。事故を起こした旅客機は英国のデ・ハビランド社が製造した世界初のジェット旅客機（コメット）で，英国海外航空（BOAC）が 1952 年から商用運航を開始したものである。最初の事故は 1953 年 5 月，インドのダムダム空港から離陸した BOAC783 便が離陸直後に雷雲に突入した際に発生した。墜落した機体の残骸は回収できたものの，当時の事故調査では，悪天候と操作ミスが事故原因とされ，それ以上の詳しい事故調査は行われなかった。しかし，現在ではこの事故の原因は疲労であったと考えられている。つぎの事故は約半年後の 1954 年 1 月，BOAC781 便がイタリアのローマ・チャンピーノ空港を離陸して高度 8 000 m に達したところで発生した。原因究明のため，旅客機の残骸を水深 150 m の海底から引き揚げて調査が行われたものの，事故の主原因であった疲労という現象を見抜くことはできなかった。結果として，燃料系統と電気系統を中心に改修が行われ，改良型コメット機を就航させた。しかし，

† 肩付きの数字は，章末の引用・参考文献の番号を示す。

表 1.1　疲労が関連する破壊事故の歴史[1)]

	発生年月	事故の内容
①	1842.5	仏国鉄道の車軸破壊による脱線
②	1953.5～1954.1	英国ジェット旅客機コメットの空中分解
③	1969.12	米国 F-111A ジェット戦闘機の墜落
④	1974.6	米国火力発電所蒸気タービンローターのバースト
⑤	1980.3	ノルウェー沖海洋油田プラットフォームの転覆
⑥	1985.8	日航機の後部圧力隔壁破損による墜落
⑦	1987.7	車載用電子デバイスのはんだの破壊
⑧	1988.4	アロハ航空機の胴体天井部の破壊
⑨	1988.6	玄海原子力発電所の余熱除去系配管からの漏洩
⑩	1989.1	福島第二原子力発電所の再循環ポンプ軸受リングの脱落
⑪	1990.11	カラーテレビの発火・発煙
⑫	1991.2	美浜原子力発電所の蒸気発生器の伝熱細管破壊
⑬	1992.1	ヒューズピン破断によるエル・アル航空機の墜落
⑭	1995.12	高速増殖原型炉もんじゅの液体ナトリウム漏洩
⑮	1996.6	海上自衛隊ヘリコプターの主回転翼ハブの破壊
⑯	1998.6	ドイツ高速鉄道の車報破壊による脱線
⑰	1999.11	H-Ⅱ ロケット 8 号機の打ち上げ失敗
⑱	1999.7	敦賀原子力発電所再生熱交換器連絡配管からの一次冷却材漏洩
⑲	2000.1	火力発電所のボイラー水冷壁管の破壊
⑳	2002.1	大型トレーラーのハブ破壊による脱輪
㉑	2002.5	中国チャイナエアライン機の墜落
㉒	2003.2	日本アジア航空機のファンブレード破壊
㉓	2003.2	旅客船しらはま減速機の歯車損傷
㉔	2003.9	泊原子力発電所の再生熱交換器胴側出口配管からの漏洩
㉕	2006.4	ゆりかもめのハブ破壊による脱線
㉖	2006.6	浜岡原子力発電所タービン振動過大による亀裂発生
㉗	2007.1	玄海原子力発電所の余剰抽出水系統取出配管エルボの損傷
㉘	2007.5	大阪エキスポランドのジェットコースターの脱輪
㉙	2011.4	米国サウスウエスト航空機の胴体外板ジョイントの破壊
㉚	2015.12	エレベータ巻上機シャフトの破壊
㉛	2016.5	韓国大韓航空機の高圧タービンディスクの破壊
㉜	2017.9	オランダ KLM 航空機のパネル取付金具の破壊
㉝	2017.12	東海道新幹線のぞみ台車の亀裂発生
㉞	2018.2	米国ユナイテッド航空機のファンブレードの破壊
㉟	2018.4	米国サウスウエスト航空機のファンブレードの破壊
㊱	2018.5	日航機のタービンブレードの破壊
㊲	2020.12	日航機のファンブレード破壊
㊳	2021.2	米国ユナイテッド航空機のファンブレードの破壊

1954 年 4 月に南アフリカ航空 201 便（SA201 便）がローマ・チャンピーノ空港を離陸して高度 10 700 m に達したところで再び事故を起こした。当時の英国のチャーチル首相が，イングランド銀行が空になってもよいから英国の威信をかけて原因を究明せよとの指示を出し，国家を挙げて事故調査が行われた。SA201 便の残骸は水深 1 000 m 近くの海底にあり回収が難しかったため，海底から回収できた BOAC781 便の残骸を中心に詳細な事故解析が行われるとともに，すでに運用中であった同型機を実機試験体に転用して地上での疲労試験も行われた。その結果，一連の事故のおもな原因が金属疲労であったことが明らかになった。

コメット機が設計・製造された当時，金属が疲労破壊することはすでに知られており，与圧された胴体内部と高空における外気との圧力差により，胴体にはフライトごとに繰返し荷重が作用することも想定していた。さらに，繰返し荷重に対する安全を保証するために，実機胴体の内圧疲労試験を行い，18 000 回のフライト回数でも疲労破壊は生じないことを保証していた。しかし，BOAC781 便の事故では 1 290 回，SA201 便の事故では 900 回と，想定していた 18 000 回と比較して極端に少ないフライト回数で疲労破壊事故は発生した。

就航前に実施した 18 000 回のフライト回数を保証する試験では，胴体内部と外部の差圧を 0.56 気圧とし，1 000 回の繰返しごとに 2 倍の差圧となる 1.12 気圧を作用させて耐圧試験を行っていた。この耐圧試験が疲労寿命に影響を及ぼしていることが疑われたため，事故後に行われた疲労試験では，耐圧試験圧力を 1.12 気圧から 0.75 気圧まで下げて行われた。疲労試験には，1 230 回のフライトを終えた実機の胴体が使われたが，試験前のフライト回数を含めて 3 060 回の時点で客室窓の隅から亀裂が発生し，それが急速に進展した。この 3 060 回は，18 000 回よりもかなり少ない回数である。このことから，就航前に実施した航空機胴体の疲労寿命の推定に問題があったことがわかった。さらに，墜落した BOAC781 便のアンテナ取り付け用開口部の隅に発生していた亀裂の原因が疲労であることがわかり，一連の墜落事故の原因も疲労であることが結論付けられた。この事故により，疲労の詳細なメカニズム解明のためのさらなる研究と，疲労を考慮した設計が重要であることが認識されるようになった。

疲労試験の途中で過大荷重を作用させることで疲労寿命が延びる理由については，文献 1）に記載されている。また，運用中の航空機は，離陸–飛行–着陸を繰返すが，各構造部材はそれに応じたランダム荷重を受け，疲労が蓄積していく。ランダム荷重が作用する場合の疲労寿命の推定には線形累積損傷則が用いられる。なお，線形累積損傷則の詳しい説明については 4.6.3 項を参照されたい。

1.2.3　想定外の繰返し応力による疲労破壊

設計時に想定していなかった繰返し応力が発生すると，疲労破壊を引き起こす場合がある。1985 年 8 月に発生した日航機の墜落事故（表 1.1 ⑥）では，航空機の後部圧力隔壁が疲労破壊した。墜落事故の 7 年前に実施した後部圧力隔壁の修理で二枚の板をリベットで結合する際，不適切な方法で結合したためにその部位には想定外の大きな繰返し応力が作用し，疲労破壊事

故が起きた[3]。また，2007 年 5 月に大阪のエキスポランドで起きたジェットコースターの事故（表 1.1 ㉘）は，車体と車輪をつなぐ軸が疲労破壊したために発生した。これは，軸をとめていたナットの締結管理が不十分であったため，軸に想定していたよりも大きな繰返し応力が発生したことが原因である[4), 5)]。ボルト締結体に繰返し荷重が作用するとき，適切に締め付けていれば，ボルトに作用する平均応力は高くなるが，作用する繰返し応力の振幅は小さくなる。一方，ナットが緩んでいると，締結体に作用した荷重はそのままボルトに作用することになり，応力の振幅が大きくなる。このようなボルト締結体で発生する疲労破壊の多くは，締結管理不良が原因である。

1999 年 11 月に発生した H-Ⅱロケット 8 号機の打ち上げ失敗事故（表 1.1 ⑰）では，第 1 段エンジン（LE-7）の液体水素用のターボポンプ内にあるチタン合金製のインデューサが疲労破壊した。インデューサは高速回転するが，その際に激しい旋回キャビテーションが発生し，これに起因した想定外の大きな繰返し応力が発生したために疲労破壊が発生した[1), 6)～8)]。打ち上げ失敗の原因は当初は不明であったが，3 000 m の海底からロケットエンジンの引き揚げに成功したことで，事故原因が明らかになった。回収されたインデューサは，ナイフで切り落とされたような破壊箇所が認められ，疲労破壊が疑われた。実際に，その後に行われた詳細な破面観察によりインデューサが疲労破壊していたことが明確になった。さらに，ストライエーション間隔と Paris 則を利用して，インデューサに作用していた応力が推定され，想定外の繰返し応力が発生していたことも明らかになった。

1995 年 12 月に発生した高速増殖原型炉もんじゅの液体ナトリウム漏洩（ろうえい）事故（表 1.1 ⑭）では，配管中を流れるナトリウムの温度を計測するために，配管の内部にさや管（細管）を取り付け，その中に温度センサー（熱電対）を挿入していた。**図 1.1**（a）はその部位の断面の模式図である。図（b）は温度センサーが，さや管内に配置された状態である。このさや管が疲労により破壊してナトリウムが漏洩した[1), 9), 10)]。流体の流れの中に，流れを阻害するようなものをおくと，流れの速度に応じて対称渦や交互渦が後方に発生し，物体が振動することが知られている。この事故では，流体の流れを阻害するものはさや管であり，対称渦によってさや管が振動した。その際その振動数とさや管の固有振動数が一致したために，さや管が大きく振れて想定外の繰返し応力が発生した。なお，さや管を設計する段階では，流れの方向と垂直に振動する交互渦が発生する流速は考慮していたが，流れの方向と同じ方向の振動を誘起する対称渦については考慮していなかった。そのために稼働中に対称渦が発生し，この事故の発生につながった。

設計時に想定していない繰返し応力による疲労破壊の発生事例として，H-Ⅱロケット 8 号機と高速増殖原型炉もんじゅは流体の流れが関与したものであるが，熱が関連した事故もある。例えば，表 1.1 に示した 1987 年のはんだの破壊（表 1.1 ⑦），1990 年のテレビの発火（表 1.1 ⑪），1999 年の敦賀原子力発電所の熱交換器連絡配管の破損（表 1.1 ⑱），2003 年の泊原子力発電所の再生熱交換器胴側出口配管からの冷却水漏洩（表 1.1 ㉔），2007 年 1 月に発生した玄海原子力発電所の余剰抽出水系統取出配管エルボの損傷（表 1.1 ㉗）などの事例は，熱応力による

索　　引

【あ】

圧縮残留応力 61, 77
圧　入 71
安全率 91
ヴェーラー曲線 21
応力拡大係数 11, 54
応力拡大係数範囲 26
応力勾配 18, 57, 105
応力集中 27, 48
応力集中係数 41, 50, 78, 96
応力振幅 13, 58, 92
応力範囲 17, 100
応力比 16, 59, 100

【か】

回転曲げ 18
回転曲げ疲労 14
ガウの 1/4 だ円説 68
下限界応力拡大係数範囲 44, 55
荷重変動 48
硬　さ 48
完全両振り 17
ギガサイクル疲労 14
強ひずみ加工 77
極断面係数 21
局部応力 97
許容応力 90
許容応力決定の基本的な考え方 101
切欠き 50, 78
切欠き感度係数 52
切欠き係数 42, 51, 97
切欠き底 41
亀裂開口荷重 38
亀裂開口変位 36
亀裂進展 25
亀裂進展速度 44
亀裂先端塑性域 39
亀裂発生 25
亀裂発生寿命 31
亀裂発生寿命比 31
亀裂閉口 38
組合せ応力 48, 67
組合せ応力疲労 14
繰返し応力 18
欠　陥 48
欠陥感受性 50
高温疲労 73
高サイクル疲労 14
公称応力 97
極低サイクル疲労 14
固執すべり帯 27
コンプライアンス 37

【さ】

再鋭化 36
最弱リンクモデル 7
最大応力拡大係数 38
最大せん断応力 21
作用応力の見積もり方法 95
酸化物誘起亀裂閉口 39
残留応力 48, 61, 93
シェリング 71
時間強度 22, 92
軸荷重 15
軸荷重疲労 14
実働応力 63
修正 Goodman 線図 60
修正マイナー則 66, 106
ショットピーニング 83
浸炭焼入れ 82
振幅比 16
ストライエーション 34
すべり変形 26
すべり面 25
寸　法 48
寸法効果 57, 105
設計 *S–N* 曲線 91
設計 *S–N* 曲線の例 102
設計応力 90
設計に用いる応力の種類 97
接　触 48
接触応力 70
線形累積損傷則 65, 92
全ひずみ範囲 17
相変態誘起亀裂閉口 39
塑性ひずみ振幅 17
塑性ひずみ範囲 17
塑性疲労 14
塑性誘起亀裂閉口 39
損傷許容設計 10

【た】

耐久限度 21, 92
多軸応力 67
縦弾性係数 15
弾性ひずみ範囲 17
断面係数 19
窒化処理 83
超高サイクル疲労 14
突き出し 26
低サイクル疲労 14
停留亀裂 22, 52
転動疲労 69
等価応力 106
等価応力振幅 61
鈍　化 35

【な】

二重 *S–N* 線図 43
ねじり 20
ねじり応力 20
ねじり剛さ 20
ねじりばね定数 21
ねじり疲労 14
熱処理 77
粘性流体誘起亀裂閉口 39
伸び剛性 15

【は】

入り込み 26
破壊確率 22
破損寿命 17
破断延性 23
破断までの繰返し数 14
破　面 32
破面粗さ誘起亀裂閉口 39
ピーク応力 97
微小欠陥 94
ヒステリシスループ 23
ひずみ–寿命線図 17
ひずみ振幅 14
ひずみ範囲 13
ピッチング 71
引張圧縮疲労 14

引張強さ 48, 90
表面係数 54
表面処理 77
表面性状 48
微粒子ピーニング 83
疲労強度 13, 50, 77, 90
疲労亀裂 82
疲労亀裂進展寿命 34
疲労亀裂進展速度 11, 44
疲労亀裂発生 50
疲労限度 21, 48, 77, 90
疲労限度設計 10, 92
疲労限度線図 59
疲労試験 14
疲労寿命 13, 48, 80, 91
疲労寿命設計 10, 92
疲労設計 10, 48, 89
疲労損傷 26
フェイル・セーフ設計 8
腐食疲労 73
フラクトグラフィ 32
フレーキング 70
フレッティング 106
フレッティング疲労 71
平均応力 16, 48, 93
平均ひずみ 17
平面曲げ 19
平面曲げ疲労 14
変動荷重 94
ホットスポット応力 97

【ま】

マイナー則 65, 92
曲げ応力 18
曲げモーメント 18
ミーゼス相当応力 101
メッキ 85

【や】

有効応力拡大係数範囲 37
陽極酸化処理 85
横弾性係数 20

【ら】

レインフロー法 64
レンジペア法 63

【B】

Basquin 則 24

【C】

COD 36
Coffin-Manson 則 23
Corten-Dolan 法 66

【G】

Gerber 線図 60

【H】

Haibach 法 67

【P】

P–S–N 曲線 90
P–S–N 線図 22
PSB 27

【S】

S–N 曲線 21, 65
Smith-Watson-Topper 法（SWT 法） 61
Soderberg 線図 60
stress-strength モデル 94
SWT 法 61

金属疲労 ― **現象の理解から設計の基礎へ** ―
Metal Fatigue − Scale Bridging from Mechanism to Design −
© 公益社団法人 日本材料学会 疲労部門委員会 2026

2026 年 11 月 27 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

編　者　公益社団法人
日本材料学会疲労部門委員会
発 行 者　株式会社　コ ロ ナ 社
代 表 者　牛 来 真 也
印 刷 所　新 日 本 印 刷 株 式 会 社
製 本 所　有限会社　愛 千 製 本 所

112−0011　東京都文京区千石 4−46−10
発 行 所　株式会社　**コ ロ ナ 社**
CORONA PUBLISHING CO., LTD.
Tokyo Japan
振替00140−8−14844・電話(03)3941−3131(代)
ホームページ　https://www.coronasha.co.jp

ISBN 978−4−339−04725−7　C3053　Printed in Japan　（新井）

JCOPY　<出版者著作権管理機構 委託出版物>
本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は，そのつど事前に，出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088，FAX 03-5244-5089，e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー，スキャン，デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は，いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。