技術士一次試験
基礎科目問題を極める
（２０２２年版）

畑　啓之

©alchemist.jp　2021.12

増補版への序

昨年（２０２０年）６月に本書の第１版を出版してから、まだ１年半しか経過していませんが、その間に２回の技術士第一次試験が執り行われました。

本書（２０２２年版）では、２０２０年版に平成２年度および平成３年度の問題の解答を加えるとともに、補足資料として近年注目を集め、技術士一次試験にも出題頻度の高い地球温暖化問題とカーボンニュートラルに関して、主に最新のエネルギー白書および環境白書より重要と考えられるデータを引用いたしました。さらに、補足資料としてこれだけ知っていれば技術士第一次試験・基礎科目は乗り切れると考えられる、微分・積分の基礎（基本公式）も加えました。

技術士第一次試験の基礎科目では５つの群より合計３０題が出題されます。基礎的で重要と考えられる問題については繰り返し出題されていますが、毎年何題かは新奇な問題が出題されます。例えば本年令和３年度 1-2-6 の計算量と漸近的記法、1-3-6 の四分円の重心位置を求める問題などがこれにあたります。あるいは、はるか昔には勉強はしたが、ここしばらくは見ることのなかった分野の問題が出題されることもあります。たとえば昨年令和２年度試験 1-3-6 で出題されたベルヌーイの定理に関する計算問題などがそれです。

さらにここ数年は気候変動問題、いわゆる地球温暖化問題に強く焦点が当たっています。全世界が関係する問題であり、その解決には多くの知恵と多くの苦しみが伴います。第５群には白書より関連する問題が多く出題されています。新しい知識を常に吸収し続ける必要があるのがこの第５群です。

技術士第一次試験の基礎科目問題も時代に合わせてその出題内容が少しずつ変化していっているということです。第１群から第５群まで、非常に幅広い知識と、その知識を応用する能力が技術士には求められているということです。本書では平成１６年度から本年令和３年度までの技術士第一次試験・基礎科目の出題をくまなく網羅しています。うまく活用していただければ受験のための実力養成は勿論のこと、技術者としての問題解決能力の向上にも役立つことでしょう。繰り返し学習が新たな気づきを生み、成長を下支えします。

平成１６年度から令和元年度再試験までの、基礎科目試験で出題された問題は、次のアドレスに登録しています（日本技術士会のホームページで確認できるのは平成２３年度から本年令和３年度の出題です）。

https://www.alchemist.jp/GijutsushiShiken/Questions.html

２０２１年１２月　　畑　啓之

©alchemist.jp　2021.12

はじめに

本書は、技術士一次試験に合格することを最大の目的としています。一次試験は基礎科目、適正科目、専門科目の３科目からなり、各科目に科目合格して一次試験に合格したことになります。

この３科目の中では、基礎科目が最大の難関とされています。その大きな理由は科学技術全般、さらには関連する社会状況に及ぶ非常に広い出題範囲にあります。多くの受験者は目の前に広がる広大な受験分野を目の前にして、どこから手を付ければよいかに迷うはずです。自身の培ってきた専門分野には精通していても、垣根を一つ越えた分野となると、科学を業としている人であってもその知識は科学を業としない一般の人と大きな違いがない場合も多々あります。

本書では、このような状況に置かれた受験生が、できる限りシステマティックに受験勉強に取り組めるように、過去の出題を精査し、内容の近いものはグルーピングして学習効率が上がるように配慮しました。また、この精査の過程で、多年度にわたり複数回出題されている同じ問題については、いつ、どんな問題が出題されたかのまとめも作成しました。

できる限りわかりやすく、かつ、すべての問題を網羅することを本書作成の方針としましたので、今までに出題されたすべての問題について、その解法のヒントが得られるものと思います。最初から答に頼るのではなく、問題を実際に自分で解いてみて、それでも不明なところがある場合に本書を活用していただければ、試験合格はもとより科学技術全般についての実力が養われてくるでしょう。

出題された問題には、問題文の短いものから長いものまで、見ただけで答がわかるものから少し考えなければ答が出てこないものまで、いろいろな種類のものが混在しています。非常に基礎的な知識問題から、非常に高度な応用問題までを一つの試験の中に含んでいるということです。科学技術に身を置くものとしては、他の分野の事項であってもこれくらいの内容は知っていて当然であるとの前提です。ただし、一部の出題では書籍や Web 上でその解法に至るヒントを得て、やっとのことで解答に至ることができます。

本試験を受験する立場から考えると、３０問の出題より１５問を選んで解答する形式ですので、簡単で自信がある問題を選び、工夫と時間を要する問題を避けるというのが合格するための基本となります。試験時間は僅かに６０分で、その間に１５問を解答するとなると、１問あたりにかけられる平均時間は４分ということになります。問題文を見た瞬間に、どの問題なら解けてどの問題は解けないかという問題に対する識別能力が求められます。野球でいえば選球眼ということになるのでしょうが、自身の持つバッティング能力と選球眼があって初めてヒットが打てることになります。バッティングの技能を磨いていく過程で選球眼も磨かれていく、というのも確かでしょう。技術士一次試験もまさにこのバッティング

©alchemist.jp　2021.12

と同様であり、各試験問題に理解を深めていくことにより、簡単に解ける問題とそうではない問題が、その経験の積み重ねでわかってきます。

試験問題３０問中の１５問に解答し、その内の８問が正解であればこの試験に合格ですので、この問題を選び取る能力さえ身につければ本試験にパスできるということです。３０問出題された中の８問、率にして２７％正解すれば合格できる、門戸が開かれた試験であるともいえます。合格することだけを目指すのであれば、練習を積みさえすればそんなに難しいことではないでしょう。

ただ私が思うのは、せっかく勉強するからには、出題された難しい問題、何が難しい問題であるかは実際に解いてみて体感していただかなければわからないし、またどの問題が難しくどの問題がそうでないかは、各人が持っているバックグラウンドにも関係するので、やはり実際に解いていただかないとその識別はできないことになります。

せっかくのチャンスですので、この機会に難しい問題も解く努力をする。高校の教科書では、数学でも物理でも化学でも生物でも、その出題された問題の答は必ず教科書の中にあり、その問題の解法のヒント（解答するための考え方）もかならず教科書の中にあります。

一方、技術士一次試験は、先に示した、見てすぐにわかる問題は別にして、技術士の能力の定義が「科学技術に関する技術的専門知識と高等の専門的応用能力」ですから、出題された３０問の中に１問や２問はウンウンいって、時間をかけてやっと解ける問題が紛れ込んでいます。このような問題を解かねばならぬことは、実社会においては往々にして起こることですし、このような問題を解決する能力こそ新しい競争力のある技術を生み出し人類に貢献することになります。従って、過去に出題された問題すべてとはいわないまでも、出題された問題の内、すぐに答が得られなかった数問については実際にウンウンと言いながら解いてみることの意義は大きいと思います。このような問題を見つけて解いてみることを期待しています。その問題に向かい合う態度は「受験生にとっては小さな一歩ですが、技術者としては大きな一歩」となることは間違いないでしょう。

さて、技術士一次試験は技術士となるための通過点です。技術士としてのあるべき姿を心に描いて問題に向き合うと、「なぜ」という言葉が常に心に浮かんできます。技術士は科学技術を用いて疑問や問題を解決する、そのような位置づけの資格です。一次試験といえども、この「なぜ」に真摯に向き合って勉学を積むことが将来の糧になることは間違いないでしょう。逃げることなく問題に取り組む。受験生諸氏の健闘を期待しています。

２０２０年６月　　畑　啓之

©alchemist.jp　2021.12

目　　次

	ページ
はじめに	i
全般的な事項	1
本書の位置づけ	
問題番号の表示方法	
第１～５群の記載方法	
正誤選択問題での文書表示法	
付表について	
過去問を勉強する意味	
調査の方法	
基礎科目解答の掲載されたサイト	

第１群　　設計・計画

項　　目	出 題 数	ページ
１．信頼度	１３	7
２．信頼性設計	3	１３
３．設備・機械の保全	5	１６
４．信頼性獲得手法	1	１９
５．最適化手法	4	２１
６．計画・設計　最適化の方法	3	２５
７．デザイン各種	7	２７
８．設計図面	5	３２
９．品質要求と品質要素	2	３４
10．製造物責任	4	３６
11．標準偏差	5	３７
12．品質管理	2	４０
13．抜取検査	3	４３
14．待ち行列	5	４５
15．オペレーションズ・リサーチ	１５	４７

©alchemist.jp　2021.12

項　　目	出 題 数	ページ
16. 全体順位の決定	2	５４
17. PERT 法	9	５８
18. PDCA サイクル	3	６４
19. 材料の強度	7	６６
20. せん断力	1	７０
21. 地震と破壊	3	７２

第２群　　情報・論理

項　　目	出 題 数	ページ
１．２進数、N 進数	１４	７６
２．情報の容量	7	８４
３．２進数配列のシフト	1	８８
４．記憶素子	4	８９
５．実行時間	6	９２
６．数値計算の誤差	3	９６
７．情報保存 RAID	1	９９
８．空間距離とハミング距離	2	１００
９．データ検索法	1	１０３
10. パリティ	3	１０４
11. インターネット	１１	１０６
12. 論理問題	3	１１１
13. 集合の論理式	4	１１５
14. 集合に含まれる数	6	１１８
15. 天気の確率	3	１２２
16. 重み付け	3	１２３
17. 文字列の表記	１０	１２５
18. 判断基準と決定表	2	１３３
19. アルゴリズム	7	１３６

©alchemist.jp　2021.12

第３群　　解析

項　　目	出 題 数	ページ
簡単な解説		１４７
１．ヤング率	１６	１５４
２．応力集中	2	１６３
３．たわみと固有振動数	6	１６４
４．ポアソン比	5	１６８
５．バネ	5	１７１
６．有限要素法　基本	１０	１７４
７．有限要素法　面積座標、座標変換	9	１７９
８．有限要素法　要素内内挿	1	１８６
９．有限要素法　補間多項式	1	１８８
10. 有限要素法　差分近似式	5	１８９
11. 有限要素法　定積分近似式	4	１９０
12. 有限要素法　二重積分	2	１９３
13. 有限要素法　トラスモデル	1	１９５
14. 有限要素法　振動解析	2	１９７
15. 偏微分	9	１９８
16. ベクトル	3	２０１
17. 慣性モーメント	2	２０４
18. 逆行列	3	２０６
19. 数式に関すること	１３	２０９

第４群　　材料・化学・バイオ

項　　目	出 題 数	ページ
１．原子分子の構造と性質	１１	２２５
２．化学反応	１４	２３５
３．計算問題	6	２４４
４．中和とｐＨ	5	２４９
５．高分子化合物	1	２５２

©alchemist.jp　2021.12

項　　目	出 題 数	ページ
６．金属の結晶構造	1	２５４
７．金属の性質	１５	２５５
８．金属の製造	2	２６５
９．電子セラミックス	2	２６７
10．材料と製品	8	２６８
11．放射線と材料	1	２７２
12．遺伝形質	1	２７４
13．DNA	5	２７５
14．遺伝子操作等	5	２７８
15．生物を構成する物質	１１	２８１
16．生体膜	2	２８８
17．代謝	3	２９０
18．時の話題	2	２９２

第５群　　環境・エネルギー・技術

項　　目	出 題 数	ページ
用語集		２９４
１．計算問題	9	３０４
２．エネルギー需給	１０	３０８
３．発電と蓄電	2	３１８
４．エネルギー資源	6	３１９
５．再生可能エネルギー	2	３２２
６．資源リサイクル	7	３２４
７．廃棄物	1	３２９
８．環境汚染	4	３３０
９．環境問題	1	３３３
10．環境保全活動	１１	３３４
11．地球温暖化	8	３４２
12．生物の多様性	2	３４８

©alchemist.jp　2021.12

項　　目	出 題 数	ページ
13. 知的財産	5	３４９
14. 技術者倫理	2	３５４
15. 科学技術コミュニケーション	4	３５５
16. 人類と技術	6	３５９
17. 科学技術史	１０	３６３

付表

表Ｉ　出題された問題の正答番号	３７０
表２　出題された問題の掲載位置（索引）	３７１
表３　過去に複数回出題された問題一覧 表および該当する問題の掲載位置	３７２
表４　出題問題中の難度の高い問題一覧（参考） 該当する問題の掲載位置	３７８
表５　穴埋め問題一覧 該当する問題の掲載位置	３７９
表６　一次試験の受験者数と合格率	３８０
令和２年度技術士第一次試験　基礎科目問題　解答	３８１
令和３年度技術士第一次試験　基礎科目問題　解答	４２３

（補足資料）

地球温暖化問題とカーボンニュートラル エネルギー白書と環境白書を中心に	４５７
微分・積分の基礎	４７４

©alchemist.jp　2021.12

第１群　設計・計画

１．信頼度

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2		1		1	1	1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1	1	5			1	4	2　3	1

Case 1　H16-1-1-3, H19-1-1-1, H23-1-1-1
H24-1-1-1, H26-1-1-4, H27-1-1-1
H28-1-1-1, H30-1-1-1
Case 2　H17-1-1-1, R01 再-1-1-3
Case 3　H17-1-1-6
Case 4　H18-1-1-1
Case 5　H22-1-1-3

Case 1　直列システムと並列システム

システムが永遠に故障もなく働き続けることは理想ですが、機械である限りいずれは故障して本来の機能を発揮しなくなります。たとえば初期のコンピュータであるエニアックでは４６８本の真空管が用いられていましたが、毎日数本の真空管が壊れるたびに約３０分、修理に時間を費やしたそうです。

問題の考え方について解説します。いま基本部品ＡとＢがあり、それぞれの部品が１０００時間のあいだ連続して正常に働く確率をそれぞれａおよびｂとします（ａとｂは共に０から１の間の値で、信頼度という）。この部品ＡとＢを直列にして用いたシステム、および並列にして用いたシステムが１０００時間の間、正常に働き続ける（故障しない）確率を求めるのが本問です。

直列につないだシステムでは、どちらか一方でも故障するとこのシステムは働かなくなります。部品Ａと部品Ｂが共にこの１０００時間の間に故障しなければ、この直列のシステムは働き続けることになります。本直列システムが１０００時間の間、問題なく働き続ける確率は

所定の時間正常に働き続ける確率＝ａ×ｂ

となります。

©alchemist.jp　2021.12

並列につないだシステムでは、部品Ａまたは部品Ｂの片方が故障したとしても、もう片方が壊れずに働いていれば、この並列系は正常に機能を続けることができます。この並列系が働かなくなるのは、部品Ａおよび部品Ｂが共に故障したときです。この共に故障する確率は、

所定の時間内に共に故障する確率＝（１－ａ）×（１－ｂ）

Ａ、Ｂ共に正常に働いていない確率の掛け合わせとなります。

正常に働いている確率　＋　正常に働いていない確率　＝　１

ですから、本並列システムが１０００時間の間、問題なく働き続ける確率は

所定の時間正常に働き続ける確率＝１－（１－ａ）×（１－ｂ）

となります。

H30-1-1-1 の出題図（代表例として）

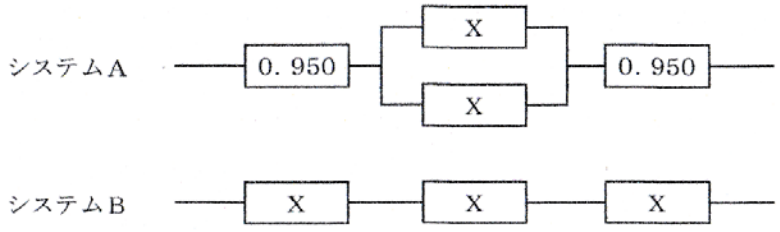


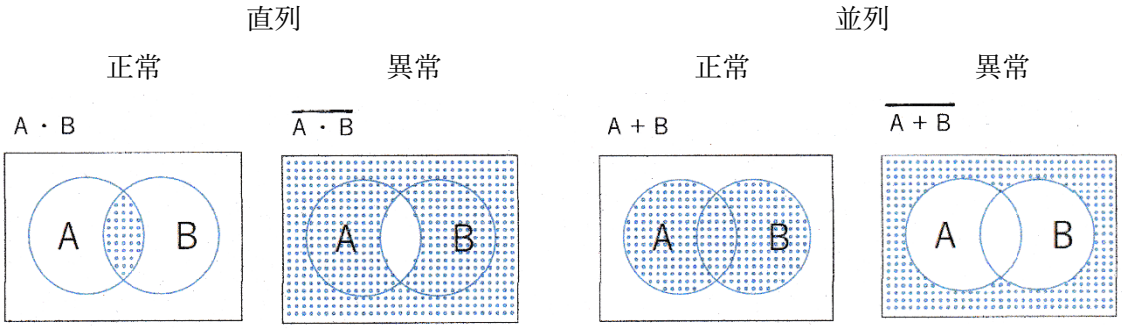
図　システム構成図と各要素の信頼度

要点を整理すると、

直列システムが正常に働き続けるためにはその部品ＡとＢが共に故障しないこと。

並列システムが正常に働かなくなるのは部品Ａと部品Ｂが共に故障する場合。従って、正常に働き続ける確率は、１から両部品ＡとＢが共に正常に働かなくなる確率を引くこと。

これをベン図で表せば次のようになります。A、B は共に図の円内であれば正常に働き、円外であれば故障しています。黒斜線がそれぞれの相当する部分です。記号の上に付いているバーは否定を表しています。



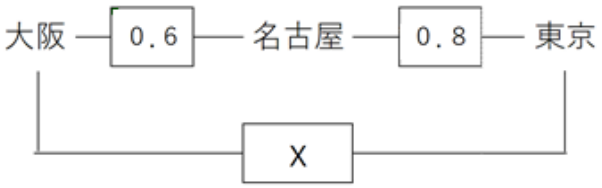
©alchemist.jp　2021.12

H23-1-1-1　　正答　②

Ⅰ－１－１　東京－名古屋間に信頼度が0.8の回線があり，名古屋－大阪間に信頼度が0.6の回線がある。最近，東京－大阪間の通信業務が増加してきたことから，同区間の信頼性を高めるために，既存回線に加えて東京－大阪間を直結する新たな回線を設けることにした。東京－大阪間の回線の信頼度を0.8にするために，この新たな回線の信頼度として最も近い値はどれか。

①　0.52　　②　0.62　　③　0.72　　④　0.82　　⑤　0.92

問題文からこの図が書ければ、答は簡単に得られます。



直列部分　　０．６×０．８＝０．４８
並列追加　　１－（１－ｘ）×（１－０．４８）＝０．８
ｘ＝０．６２と求まります。

Case 2　FTA（Fault Tree Analysis）

問題の考え方について解説します。Case 1 とは違った問題に見えますが、本質は同じです。Case 1 と同じく、部品Ａの信頼度をａ、部品Ｂの信頼度をｂとすると、ＡＮＤ記号は Case 1 の直列と同じく、ＡＮＤ記号の位置でシステムが正常に働いている確率はａ×ｂであり、ＯＲ記号は Case 1 の並列と同じく、OR 記号の位置でシステムが正常に働いている確率は１－（１－ａ）×（１－ｂ）です。このことさえ理解していればこの問題は容易に解けます。
ＡＮＤはａ×ｂ、ＯＲは１－（１－ａ）×（１－ｂ）です。

©alchemist.jp　2021.12

第２群　　情報・論理

１．２進数、Ｎ進数

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	6	2	7	6		2		1　2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	5	4	2　3	2	1　2			

Case 1　H19-1-2-1, H25-1-2-1
Case 2　H19-1-2-5, H20-1-2-2, H21-1-2-3
　　H25-1-2-5, H27-1-2-3, R01-1-2-1
Case 3　H21-1-2-4
Case 4　H22-1-2-1
Case 5　H23-1-2-1
Case 6　H29-1-2-2, R01 再-1-2-4
Case 7　H30-1-2-3

２進数およびＮ進数について、一般的な解説をしておきます。

２進数は位が１つ上がるごとに数値の大きさが倍になります。逆に位が１つ下がるごとに数値の大きさは１／２となります。２進数は０と１で表記され、１０進数との関係は次表のようになります。

２進数		１０進数
１０００	2^3	8
１００	2^2	4
１０	2^1	2
１	2^0	1
０．１	2^{-1}	０．５
０．０１	2^{-2}	０．２５
０．００１	2^{-3}	０．１２５

たとえば、２進数で１０１０は１０進数では８＋２＝１０、２進数で０．１０１は１０進数では０．５＋０．１２５＝０．６２５となります。

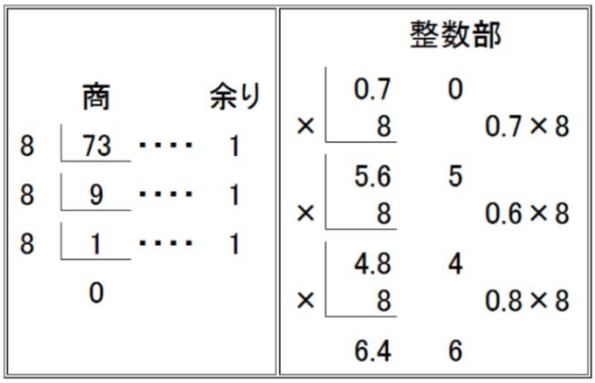
©alchemist.jp　2021.12

計算による１０進数とＮ進数の変換は次のようにします。たとえば、８進数の１１１があれば、これを１０進数とするには、

$$1 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 1 \times 8^0 = 64 + 8 + 1 = 73$$

逆に、１０進数の７３を８進数とするためには下図左側の計算をして、余りを下から読めば、８進数では１１１（$8^2 + 8^1 + 8^0 = 64 + 8 + 1 = 73$）となります。

１０進数の０．７を８進数に変換するには下図右側の計算をして、得られた整数部分の数字を上から読んでいくと、０．５４６となります。



８進数		１０進数
１０００	8^3	５１２
１００	8^2	６４
１０	8^1	８
１	8^0	１
０．１	8^{-1}	０．１２５
０．０１	8^{-2}	０．０１５６２５
０．００１	8^{-3}	０．００１９５３１

今求めた８進数の０．５４６は１０進数では、

$$5 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} + 6 \times 8^{-3}$$
$$= 5 \times 0.125 + 4 \times 0.015625 + 6 \times 0.0019531$$
$$= 0.699219 \fallingdotseq 0.7$$

となります。

Case１　２進数の理解

H25-1-2-1　　正答　④

©alchemist.jp　2021.12

Ｉ－２－１　数種類のランプを一列に並べ，ランプを点けた状態（ON）と消した状態（OFF）を考える。例えば，２つのランプを使った場合には，次の４通りの状態を表現できる。

ランプ１	ランプ２
ON	ON
ON	OFF
OFF	ON
OFF	OFF

８個のランプを用いる場合には，４個のランプを用いる場合と比べて表現できる状態の数は何倍になるか。

①　２倍　②　４倍　③　８倍　④　16倍　⑤　32倍

２進数は数値を０か１で表します。２桁の２進数であれば、００、０１、１０、１１の４つの表現が可能となります。すなわち2^2通りです。これが５桁となると2^5通り（３２通り）、１０桁では2^{10}通り（１０２４通り）となります。

Case 2　１／ｎの二進数表記

H19-1-2-5　　正答　③

Ｉ－２－５　10進数の「７分の１」を２進表示したものは次のうちどれか。ただし，小数点以下16位までを表示している。

①　0.0101001000100001　②　0.0011011101111011
③　0.0010010010010010　④　0.0001010000101000
⑤　0.0111000000000000

問題は、１／７を二進数表記せよ、です。上の一般的な解説で示したように、２進数と１０進数の対応は、２進数で桁数が１つ下がるたびに１０進数での値は半分になっていきます。下表に従って、１０進数の１／７＝０．１４２８５７１より各桁の引き算を進めていけば、答として０．００１００１００が得られます。小数点下８桁目まで求めましたが、この問題の答を得るためには小数点下４桁までで十分です。

©alchemist.jp　2021.12

第３群　　解析

簡単な解説

ヤング率

ヤング率の解説をします。出題された一群の問題は、すべてこの解説の範囲で解くことができます。

長さＬ、断面積Ｓの棒の長さ方向に引っ張り力Ｆを加えると棒は伸びます。この伸びる長さをΔＬとすると、加える力が一定範囲内において次の式が成り立ちます。σは応力で、力を面積で割ったもの、すなわち、単位面積にかかる力です。

$$\sigma = F / S = E \times \Delta L / L = E\varepsilon \quad (\varepsilon \text{ はひずみで、} \varepsilon = \Delta L / L)$$

この比例定数Ｅをヤング率といいます。

力の単位はN（ニュートン、ｋｇ・m／ｓ^2）、面積Ｓの単位はm^{2}ですので、ヤング率Ｅの単位はｋｇ／（m・ｓ^2）となります。これは圧力の単位と同じです。
なお、棒を伸ばす話をしましたが、棒の両端に圧力をかけて棒を縮める場合も同様に計算できます。

この材料の伸長によって材料内に蓄えられるひずみのエネルギーＵは、

$$U = \int (F)\, d\Delta L = \int (SE\Delta L / L)\, d\Delta L = SE\Delta L^2 / (2L)$$

となります。この式に、上で示した式をΔＬ＝ＦＬ／（ＳＥ）と変形して代入すると、

$$U = F^2 L / (2SE)$$

が得られます。

ポアソン比

ポアソン比について解説します。
長さＬ、幅W、高さＨの角棒の長さ方向に引っ張り力Ｆを加えます。ヤング率でみてきたと同様に長さ方向にΔＬの伸びが生じます。この時、角棒の幅方向および高さ方向では縮みが

生じます。この縮みの大きさをそれぞれΔWおよびΔHとしますと、

$$\Delta W / W = \Delta H / H = -\nu \times \Delta L / L$$

すなわち

$$\varepsilon_y \text{および} \varepsilon_z = -\nu \times \sigma_x$$

の関係が成立します。このνをポアソン比といいます。x軸方向の伸びに対してy軸方向、z軸方向は縮みですので符号はマイナスです。ポアソン比の単位は無次元です。

横方向のひずみをε_y、縦方向のひずみをε_xとしますと、$\sigma = E\varepsilon$ですから

$$\varepsilon_y = -\nu\varepsilon_x = -\nu \times \sigma_x / E$$

となります。

ひずみε_yとひずみε_xは、その方向が９０°異なります。

各軸方向のつり合いは

$$E\varepsilon_x = \sigma_x - \nu\sigma_y - \nu\sigma_z$$

$$E\varepsilon_y = -\nu\sigma_x + \sigma_y - \nu\sigma_z$$

$$E\varepsilon_z = -\nu\sigma_x - \nu\sigma_y + \sigma_z$$

となります。

材料	ポアソン比
天然ゴム	0.49
高密度ポリエチレン	0.30
ポリスチレン	0.35
ポリカーボネート	0.39
ポリアセタール	0.32
エポキシ樹脂	0.37
タングステン	0.28
アルミニウム	0.345
モリブデン	0.31
ガラス	0.27
銅	0.343
鋳鉄	0.27
鋼	0.28 - 0.30
黄銅（亜鉛30%）	0.35
鉛	0.44
金	0.44
スズ	0.36

ポアソン比（Wikipedia）

ポアソン比は物質に固有な値です。

有限要素法

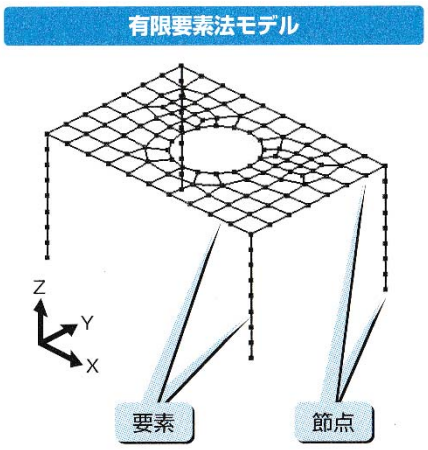
この第３群の大きな部分を有限要素法に関する事項が占めます。項番号にしては全１９項の内の約半分の第６項～１４項がこれに当たります。

有限要素法とはどのようなものか、集中的に勉強してみる必要がありそうです。

有限要素法は、その内容が膨大ですので、ここで簡単に解説することは不可能に近いのですが、その入り口部分について触れておきたいと思います。なお、有限要素法の入門書を読んでもその内容は高度であり、受験勉強のために書籍を読み通すことは事実上不可能に近いと考えます。問題を解くたびに、必要な情報をＷｅｂで集める、というのが有限要素法に向き合う現実的な方法かと思います。

©alchemist.jp　2021.12

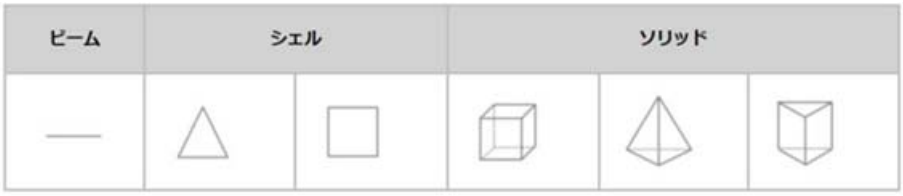
有限要素法とは、まずは構造物を複数の有限個の要素に分割します。平面ですと、三角形や四角形の集まりなどに分割します。三次元の物体であれば、立方体（6面体要素）や三角錐（4面体要素）、あるいは三角柱などに分割します。このようにして分割された要素の集合体を解析する手法です。



書籍「よくわかる最新　有限要素法の基本と仕組み」

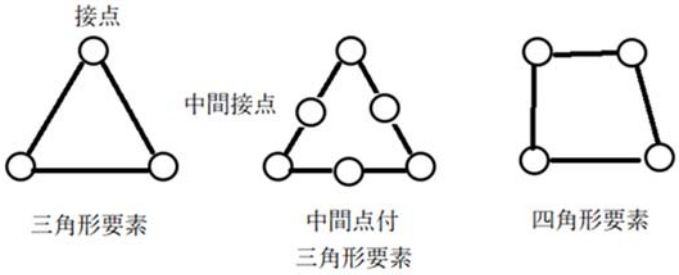
要素に分割することにより、要素の外から加わった力が要素内でどのような応力を生じ、またその結果として要素に接している他の要素にどのような応力を及ぼすのかを、コンピュータで計算できるようになります。

要素の例



Web　有限要素法（機械設計エンジニアの基礎知識）より

計算精度は要素のタイプによって異なってきます。三角形要素と四角形要素では、四角形要素のほうが計算精度がよくなります。さらに、接点間に中間接点を入れることにより、計算精度が向上します。この図では、計算精度は、三角形要素＜中間点付三角形要素＜四角形要素となります。立体を扱う場合には、計算精度は、4面体要素＜中間点付4面体要素＜6面体要素となります。



要素内では変位分布を仮定します。三角形要素の一次要素は座標の一次関数で表します。ひずみと応力は変位の一次微分で与えられますから、微分によりこれらは定数として与えられ、要素内では一定となります。二次要素であれば、変位は座標の二次関数で表わします。従って、ひずみと応力は要素内で線形分布となり、精度が改善されます。

©alchemist.jp　2021.12

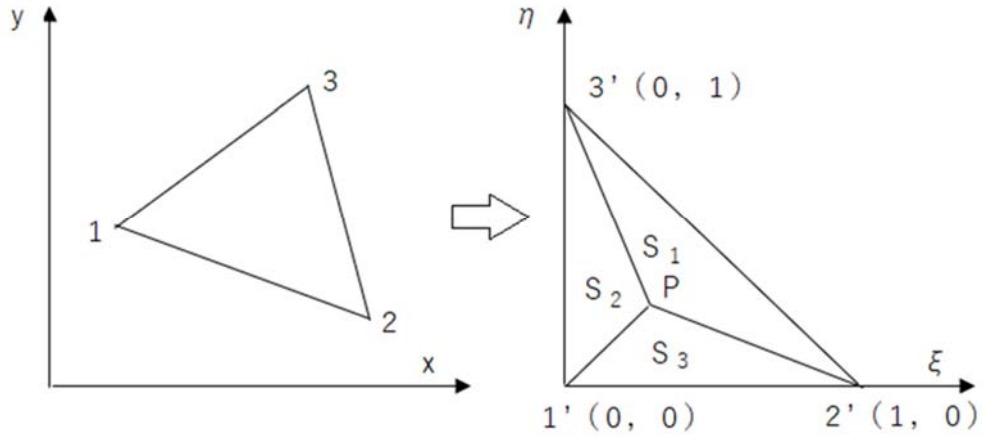
計算精度を上げるためには、物体の平面を、あるいは立体をできるだけ多くの要素で分割することが望まれます。また、用いる要素を高次元化することも望まれます。ただし、理想に走りすぎますと計算に時間を要することになってきます。計算精度の向上と計算に要する時間はトレードオフの関係にありますので、平面や三次元の物体において、変化（変位）の大きな部分の要素を細かくしたり、あるいは使用する要素の次元を上げたりする工夫がなされます。いわゆる応力集中する部分については使用する要素をより細かく、より精度を高くする必要が生じるということです。

有限要素法では、計算速度を上げるための工夫が随所でなされています。

まずは、計算しやすいように、そして計算速度が速められるように、座標を規格化する方法です。これには、座標変換が用いられます。

座標変換

三角形要素では面積座標が用いられます。これは、三角形を規格化された頂点が（０，０)、（１，０)、(０，１）の直角を挟む一辺の長さが１の二等辺三角形へと変換するものです。変換後にこの三角形内にある点Ｐの位置は、面積座標S_1，S_2、S_3を用いることにより求められます。規格化されていますので面積$S_1+S_2+S_3=0.5$です。点Ｐがこの規格化された三角形内に存在すれば、規格化前の三角形においても点Ｐに相当する規格化前の三角形内の座標に点が存在していることになります。規格化された三角形内になければ規格化前の三角形においてもその三角形の中に点は存在しない、ということです。



もう一つは、四角形要素の規格化です。三角形と同じく、規格化を行います。この規格化により計算速度を速くすることができます。

©alchemist.jp　2021.12

1．ヤング率

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2	1	1	1	1	1	2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1		1	2		1　4	3	2　3	1

Case 1　H16-1-3-2, H19-1-3-3, H22-1-3-5
H24-1-3-5, H26-1-3-6, H27-1-3-5
H28-1-3-6, H29-1-3-5, H30-1-3-6

Case 2　H17-1-3-5, H21-1-3-3, H25-1-3-5
R01-1-3-5

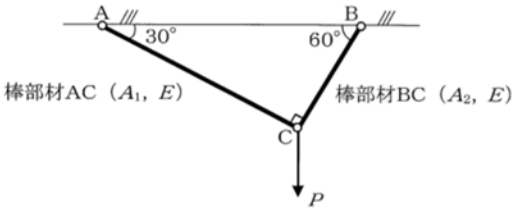
Case 3　H17-1-3-6, H18-1-3-5

Case 4　H19-1-3-1

Case 1　ヤング率の公式を用いる基本問題

H29-1-3-5　　正答　③

Ⅰ－３－５　両端にヒンジを有する２つの棒部材ACとBCがあり，点Cにおいて鉛直下向きの荷重Pを受けている。棒部材ACの長さはLである。棒部材ACとBCの断面積はそれぞれA_1とA_2であり，縦弾性係数（ヤング係数）はともにEである。棒部材ACとBCに生じる部材軸方向の伸びをそれぞれδ_1とδ_2とするとき，その比（δ_1／δ_2）として，最も適切なものはどれか。なお，棒部材の伸びは微小とみなしてよい。



① $\dfrac{\delta_1}{\delta_2}=\dfrac{A_1}{A_2}$

② $\dfrac{\delta_1}{\delta_2}=\dfrac{\sqrt{3}A_1}{2A_2}$

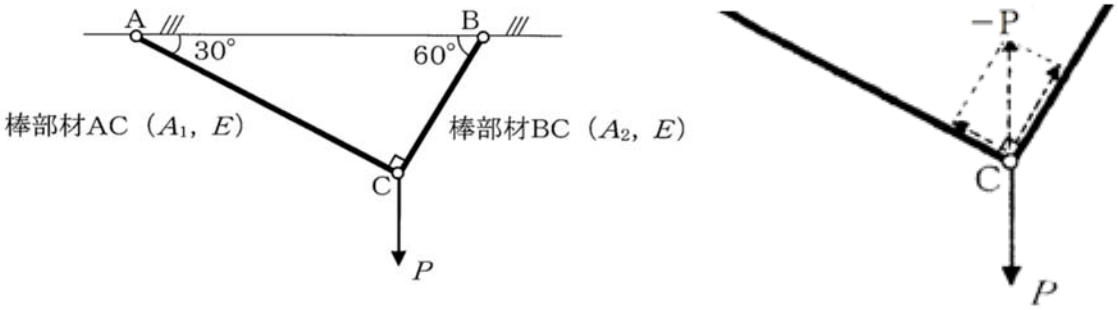
③ $\dfrac{\delta_1}{\delta_2}=\dfrac{A_2}{A_1}$

④ $\dfrac{\delta_1}{\delta_2}=\dfrac{\sqrt{3}A_2}{2A_1}$

⑤ $\dfrac{\delta_1}{\delta_2}=\dfrac{\sqrt{3}A_2}{A_1}$

©alchemist.jp　2021.12

σ＝Ｆ／Ｓ＝Ｅ・ΔＬ／Ｌの式と、
１Ｎ＝１ｋｇ・ｍ／ｓ^2、および１Ｐａ＝１Ｎ／ｍ^2＝１ｋｇ／（ｍ・ｓ^2）
がわかっていればすべて解ける問題です。



力ＰはＡＣ方向およびＢＣ方向の引っ張り力へとベクトル分解します。

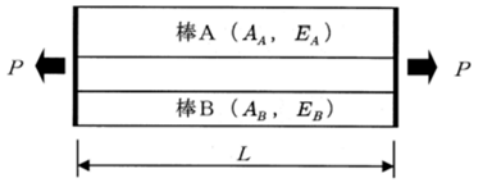
ＡＣに関して、（１／２・Ｐ）／Ａ$_1$　＝　Ｅ・δ_1／Ｌ
ＢＣに関して、（$\sqrt{3}$／２・Ｐ）／Ａ$_2$　＝　Ｅ・δ_2／（Ｌ／$\sqrt{3}$）

この両式よりＥを消去すると、δ_1／δ_2＝Ａ$_2$／Ａ$_1$となります。

H28-1-3-6　　正答　④

©alchemist.jp　2021.12

Ⅰ－３－６　下図に示すように，同じ長さLの棒Ａ（断面積A_A，縦弾性係数（ヤング係数）E_A）と棒Ｂ（断面積A_B，縦弾性係数（ヤング係数）E_B）の両端が剛板に接着され，そこに引張力Pが作用している。棒Ａと棒Ｂには，同じ長さの伸びが生じる。このとき，棒Ａと棒Ｂに生じている引張応力σ_Aとσ_Bの比として，最も適切なものはどれか。



① $\dfrac{\sigma_A}{\sigma_B}=\dfrac{A_AE_A}{A_BE_B}$

② $\dfrac{\sigma_A}{\sigma_B}=\dfrac{A_BE_B}{A_AE_A}$

③ $\dfrac{\sigma_A}{\sigma_B}=\dfrac{A_BE_A}{A_AE_B}$

④ $\dfrac{\sigma_A}{\sigma_B}=\dfrac{E_A}{E_B}$

⑤ $\dfrac{\sigma_A}{\sigma_B}=\dfrac{E_B}{E_A}$

ヤング率の定義から考えると簡単に解ける問題です。

σ＝Ｆ／Ａ＝Ｅ・ΔＬ／Ｌ　　但し、力Ｆが断面積Ａにかかる。

棒Ａおよび棒Ｂに添字（ａおよびｂ）をほどこし、両者でΔＬ／Ｌが等しいことを考慮すれば、解答が得らます。

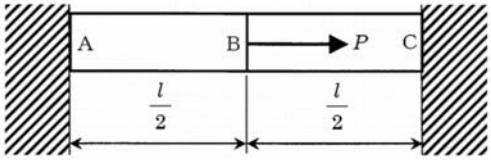
$$\sigma_a/E_a = \sigma_b/E_b$$

従って、

$$\sigma_a/\sigma_b = E_a/E_b$$

H27-1-3-5　　正答　③

Ⅰ－３－５　下図に示すような両端を剛体壁に固定された断面積S，長さlの棒がある。棒を二等分する点をＢ点とし，AB間，BC間の縦弾性係数（ヤング率）をE_1，E_2とするとき，荷重Pが棒の軸方向に負荷された場合の点Ｂの変位δとして正しいものはどれか。



©alchemist.jp　2021.12

第４群　　材料・化学・バイオ

この第４群を苦手とする受験者は多いようです。特に化学には多くの元素や原子、分子が登場し、それらが縦横無尽に手をつなぎあうので、どう勉強すればよいのかと入り口でアレルギー症状を起こしていることもあるようです。確かに、化学は経験の学問です。その証拠に、錬金術が発展し今日に至っているのですから。

しかしながら混とんとした化学の世界にも、長い年月の間に多くの知見が集まり、情報が整理され、万人に理解できる学問となっていると私は感じています。その整理された形になった知識がこの基礎科目では出題されています。化学に関しては、まずその基本として、「原子分子の構造と性質」から話をスタートします。出題された問題にあたり、どの問題がわかり、どの問題が理解できないかの識別をしていくところから始めてください。

バイオに関しては、比較的論理的な学問であるととらえることができるのではないでしょうか。生物学という学問は多くを記憶しなければいけませんでしたが、バイオは理詰めの学問に近づいています。生物学ではなくバイオであってくれてよかった、と思っています。
その視点で、問題を見てください。

この群では、できる問題とできない問題を明確にし、繰り返し学習によりできない問題の数を減らしていくことになります。

１．原子分子の構造と性質

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1	1　1			1			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1	1			1	1　1	1　1

Case 1　H16-1-4-3, H16-1-4-4, H17-1-4-1, H17-1-4-2,, H18-1-4-1, H21-1-4-1
H22-1-4-1, H28-1-4-2, R01-1-4-1, R01-1-4-2,R01 再-1-4-1

©alchemist.jp　2021.12

Case 1　原子分子の構造と性質

原子番号、原子量、周期律

H28-1-4-2　　正答　④

Ⅰ－４－２　原子に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。ただし，元素記号の左下に原子番号を，左上に質量数を記している。

① ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$ と ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ の中性子の数は等しい。

② ${}^{35}_{17}\mathrm{Cl}$ と ${}^{37}_{17}\mathrm{Cl}$ の中性子の数は等しい。

③ ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$ と ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ は互いに同位体である。

④ ${}^{35}_{17}\mathrm{Cl}$ と ${}^{37}_{17}\mathrm{Cl}$ の電子の数は等しい。

⑤ ${}^{35}_{17}\mathrm{Cl}$ と ${}^{37}_{17}\mathrm{Cl}$ は互いに同素体である。

元素記号の左横に２つの数字が並んでいます。下が原子番号、上が質量数です。

原子番号は陽子の数、質量数は陽子＋中性子の数、そして原子が中性である（荷電していない）ならば電子の数＝陽子の数です。

① ４０－２０≠４０－１８
② ３５－１７≠３７－１７
③ 全くの無関係
④ 電子の数＝陽子の数＝原子番号
　従って、１７＝１７は正しい。
⑤ これを同位体という。同素体とは、たとえば炭素でいうとグラファイト、ダイヤモンド、フラーレンの関係。

H18-1-4-1　　正答　④

Ⅰ－４－１　周期表上の元素の一般的な性質に関する次の記述のうち，最も適切なものを選べ。

① 原子番号が１つ増すと，原子量も同様に１つ増える。

② 最も左の列に属するアルカリ金属には，イオン化エネルギーが大きなものが多い。

③ 原子番号が近接している非金属元素同士は，その化学的性質が類似している。

④ 縦の列が同じ元素同士は価電子数が等しく，化学的性質が類似しているものが多い。

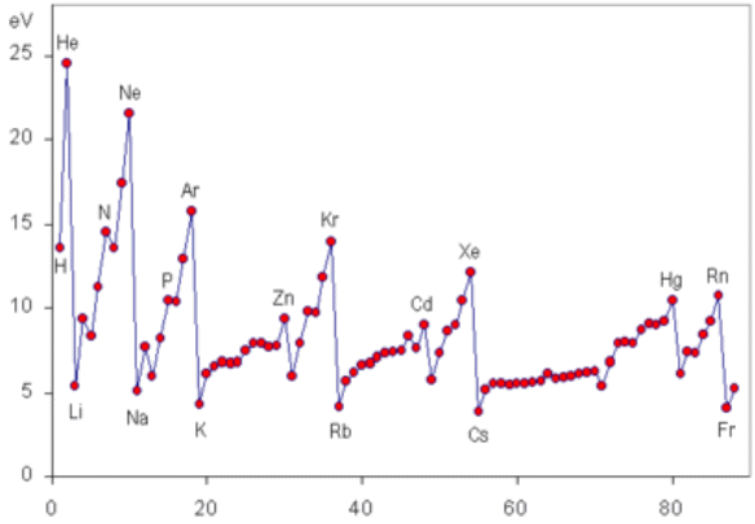
⑤ 常温において固体の元素は，原子番号が大きくなるほど，密度が増大する傾向にある。

©alchemist.jp　2021.12

①　「原子番号が１つ増すと，原子量も同様に１つ増える。」は誤り。
原子量は^{12}Ｃを基準に決められた質量の相対値であるので、実数である。整数になるとは限らない。
整数にならない理由としては、まず原子核を構成する陽子と中性子の質量に若干ではあるが質量差があることです。陽子の質量は１．６７２６×１０$^{-27}$ｋｇ、中性子の質量は１．６７４９×１０$^{-27}$ｋｇです。
さらに同位体が存在するので、このルールは当てはまりません。炭素Ｃの原子量は１２．０１０７であり、１２．００００とはなっていません。この理由は炭素Ｃには^{12}Ｃが９８．９％と^{13}Ｃが１．１％存在するためです。

②　「最も左の列に属するアルカリ金属には，イオン化エネルギーが大きなものが多い。」は誤り。
アルカリ金属のイオン化エネルギーは、他の元素に比べて小さい。

イオン化エネルギー



③　「原子番号が近接している非金属元素同士は，その化学的性質が類似している。」は誤り。
そもそも原子番号が一つ増減すると、その元素の属する周期表上の属が横方向に移動します。周期律表上で所属している属が変わるということは、元素の性質が大きく変わるということです。$_{1}$Ｈと$_{2}$Ｈｅ、$_{2}$Ｈｅと$_{3}$Ｌｉなど、原子番号が近くても周期律表で右と左に分かれるケースもあります。

©alchemist.jp　2021.12

第５群　環境・エネルギー・技術

用　語　集

エネルギーに関する事項

一次電池
マンガン乾電池のように一度で使い切りとなり、再び使用できない電池のことです。

二次電池
リチウムイオン電池やニッケル水素電池のように、充電して再び使用することのできる電池のことです。

電気二重層キャパシタ
急速な充放電が可能であり、充放電サイクル寿命が優れた蓄電デバイスです。電気二重層コンデンサとも呼ばれ、２０１２年より電気自動車への搭載も始まりました。

天然ガス燃料のコンバインドサイクル発電
天然ガス（メタンが主成分）の燃焼ガスのエネルギーを利用して、まずガスタービンを駆動し、その廃熱を用いて蒸気タービンを駆動することにより、総合的な発電効率を高める発電システムです。

燃料電池
多くの燃料電池は、水素と酸素を電気化学反応させることにより電気を作りだす。水素以外にも炭化水素やアルコールなどを燃料とする燃料電池も知られています。

揚水式水力発電
夜間などに発生する余剰電力を利用して低所の水を高所にくみ上げ、その蓄えた位置エネルギーを利用して、電力需要の逼迫する時間帯に発電する水力発電の方式です。

©alchemist.jp　2021.12

スマートグリッド
電力の流れを供給・需要の両側から制御し、最適化できる送電網です。再生可能エネルギーを既存の電力供給網に大量に導入するために不可欠なインフラの一つです。

スマートコミュニティ
再生可能エネルギーやコージェネレーションシステムといった分散型エネルギーを用いつつ、ＩｏＴや蓄電池制御等の技術を活用して地域におけるエネルギー需給を総合的に管理し、エネルギーの利活用を最適化する地域社会や共同体です。

スマートハウス
省エネ家電や太陽光発電、燃料電池、蓄電池などの設備機器を情報化配線等で接続し最適制御を行うことで、生活者のニーズに応じた様々なサービスを提供できる住居です。

スマートメーター
従来のアナログ式誘導型電力量計と異なり、電力をデジタルで計測し、メーター内に通信機能を持たせた次世代電力量計です。

スマート
賢い、頭が切れる、高知能、鋭い、活発、生意気、洒脱、粋などの意で、機械に対しては賢いの意で用いられています。

資源リサイクルに関する事項

循環型社会形成推進基本法
３Ｒの実施により廃棄物・リサイクル問題の解決を目指した法律です。
３Ｒ（Ｒｅｄｕｃｅ、Ｒｅｕｓｅ、Ｒｅｃｙｃｌｅ）はこの順番が大切です。Ｒｅｄｕｃｅ原材料の使用を減らし、Ｒｅｕｓｅ再利用できるものは利用する、最後はＲｅｃｙｃｌｅ熱などとして有効利用するという考え方です。

容器包装リサイクル法
ガラスびん、PET ボトル、紙製容器包装、プラスチック製容器包装、アルミ缶、スチール缶、紙パック、段ボールついて、リサイクル(分別収集及び再商品化)のためのすべての費用を、商品を販売した事業者が負担することを義務付けています。

©alchemist.jp　2021.12

従って、⑤が誤りです。引き算の答が６であるところを１０倍の６０としてしまったところに間違いがあります。

Case 6　化石燃料からのＣＯ$_2$発生量

R01-1-5-4　　正答　④

Ｉ－５－４　総合エネルギー統計によれば，2017年度の我が国における一次エネルギー国内供給は20，095PJであり，その内訳は，石炭5，044PJ，石油7，831PJ，天然ガス・都市ガス4，696PJ，原子力279PJ，水力710PJ，再生可能エネルギー（水力を除く）938PJ，未活用エネルギー596PJである。ただし，石油の非エネルギー利用分の約1，600PJを含む。2017年度の我が国のエネルギー起源二酸化炭素（CO_2）排出量に最も近い値はどれか。ただし，エネルギー起源二酸化炭素（CO_2）排出量は，燃料の燃焼で発生・排出されるCO_2であり，非エネルギー利用由来分を含めない。炭素排出係数は，石炭24t－C／TJ，石油 19t－C／TJ，天然ガス・都市ガス 14t－C／TJとする。t－Cは炭素換算トン（Cの原子量12），t-CO_2はCO_2換算トン（CO_2の分子量44）である。P（ペタ）は10の15乗，T（テラ）は10の12乗，M（メガ）は10の６乗の接頭辞である。

① 100 Mt－CO_2
② 300 Mt－CO_2
③ 500 Mt－CO_2
④ 1，100 Mt－CO_2
⑤ 1，600 Mt－CO_2

計算式のみ記します。
（５０４４×２４＋７８３１×１９＋４６９６×１４）×４４／１２×１０^3／１０^6
＝１２３０Ｍｔ－ＣＯ$_2$
各項は順に、石炭、石油、天然ガス・都市ガスです。問題文にはＣ＝１２（原子量）、ＣＯ$_2$＝４４（分子量）が与えられています。

２．エネルギー需給

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		6	4　8	7	6	5		4
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
3			2	1				

©alchemist.jp　2021.12

Case 1　H20-1-5-1
Case 2　H21-1-5-1
Case 3　H24-1-5-3
Case 4　H25-1-5-1, H30-1-5-3
Case 5　H27-1-5-4
Case 6　H28-1-5-4, R01-1-5-3
Case 7　H29-1-5-4
Case 8　H30-1-5-4

Case 1　発電方式とその割合

H20-1-5-1　　正答　④

Ｉ－５－１　我が国で稼働している典型的な，（ア）原子力発電所，（イ）太陽光発電所，（ウ）風力発電所の発電容量（定格出力）当たりの年間発電電力量の比率，すなわち，設備利用率について，最も適切なものを選べ。ただし原子力発電所のデータは，近年の原子力発電所の定期検査長期化の影響を除去するため，平成９年度から13年度の稼働実績に基づくものとする。

	ア		イ		ウ
①	0.80	:	0.40	:	0.60
②	0.60	:	0.20	:	0.10
③	0.60	:	0.50	:	0.50
④	0.80	:	0.12	:	0.20
⑤	0.80	:	0.01	:	0.05

この問題は東日本大震災前の出題で、原子力発電：太陽光発電：風力発電の発電量比率を問う問題です。知識を試す問題ですが、出題からの年数が経過し、この形でズバリ出題されることはないでしょう。

（参考）
経済産業省やNEDOなどから、設備利用率の指標がしめされており、現在、太陽光発電で１３％、風力発電は陸上で２０％、洋上で　３０％とされています。
原子力発電所の稼働状況は右の通りです（資源エネルギー庁のホームページより）。

©alchemist.jp　2021.12

令和２年度技術士一次試験

令和２年度　基礎科目問題の概要

問題番号	問題の内容	「基礎科目問題を極める」関連ページ	キーワードなど	問題の難易（目安）
第１群	**設計・計画**			
１－１	ユニバーサルデザイン	28-32	バリアフリーデザインも	易
１－２	材料の強度と応力	37-38、74-75	２つの正規分布の加減	難
１－３	応力による材料の変形	68-69	降伏、破断、座屈、圧壊	易
１－４	生産量の最適化	49-50	作図による解法	易
１－５	製図法におけるルール	33-34	第三角法	難？
１－６	システムの信頼度	7-9	繁出問題	易
第２群	**情報・論理**			
２－１	情報の圧縮方法		新傾向問題	難？
２－２	真理値表で論理計算	115-118	繁出問題	易
２－３	標的型攻撃への対策	106-111	ウイルス、改ざん	易？
２－４	２進数の補数表現	83-84	平成３０年度に出題	難？
２－５	２進１０進変換アルゴ	136-146	アルゴリズム図は繁出	易
２－６	メモリ検索の所要時間	94-95	キャッシュメモリ	易
第３群	**解析**			
３－１	ベクトルの発散値	198-201	繁出問題	易
３－２	関数上の点での傾き		||grad||	易？？
３－３	数値解析の誤差	97-98、174-175	テイラー級数展開	易
３－４	有限要素法の面積座標	179-180	足し合わせると１	難？
３－５	ばねの固有振動数	173-174	重力加速度ｇを含まず	易
３－６	配管中の水の流速計算		ベルヌーイの定理	難
第４群	**材料・化学・バイオ**			
４－１	燃焼時のＣＯ２発生量	237-238	化合物中の炭素割合	易
４－２	有機化学反応の種類		付加、脱離など　新問題	易？
４－３	金属の性質比較	259-260	ＡＩ軽い、Ｃｕ、Ｆｅは	易
４－４	アルミの結晶構造	254	昨年度問題の発展形	難
４－５	酵母のグルコース発酵	291-292	好気発酵と嫌気発酵	易
４－６	ＰＣＲの特徴と手順	280	コロナ下での今日的出題	難？
第５群	**環境・エネルギー・技術**			
５－１	プラスチックごみ問題		中国から、今日的出題	難
５－２	生物多様性の保全	348-349	外来種の駆除	易
５－３	日本のエネルギー消費	316-317	産業、業務、家庭、運輸	易？
５－４	日本のエネルギー情勢	294,311-312,319	コンバインドサイクル	易？
５－５	日本産業の技術発展史		新問題	難？
５－６	科学技術史	363-369	ジェンナーによる種痘法	易

問題難易の目安に？をつけているものは、技術的バックグラウンドに
個人差があるとみたため

Ｉ－１－２　ある材料に生ずる応力S[MPa]とその材料の強度R[MPa]を確率変数として，$Z=R-S$が０を下回る確率Pr（$Z<0$）が一定値以下となるように設計する。 応力Sは平均μ_S，標準偏差σ_Sの正規分布に，強度Rは平均μ_R，標準偏差σ_Rの正規分布に従い，互いに独立な確率変数とみなせるとする。μ_S：σ_S：μ_R：σ_Rの比として（ア）から（エ）の４ケースを考えるとき，Pr（$Z<0$）を小さい順に並べたものとして最も適切なものはどれか。

	μ_S	σ_S	μ_R	σ_R
（ア）	10	$2\sqrt{2}$	14	1
（イ）	10	1	13	$2\sqrt{2}$
（ウ）	9	1	12	$\sqrt{3}$
（エ）	11	1	12	1

① ウ→イ→エ→ア
② ア→ウ→イ→エ
③ ア→イ→ウ→エ
④ ウ→ア→イ→エ
⑤ ア→ウ→エ→イ

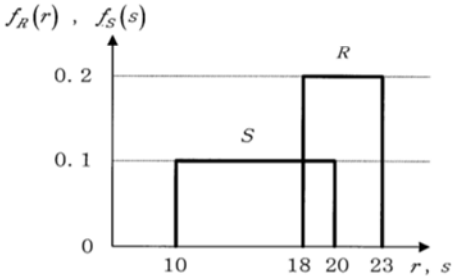
解答：④　　本年度。令和２年度の正答です。

ページ７４～７５に関連する問題（H29-1-1-6）があります。
再録します。

H29-1-1-6　　正答　②

Ｉ－１－６　構造物の耐力Rと作用荷重Sは材料強度のばらつきや荷重の変動などにより，確率変数として表される。いま，RとSの確率密度関数$f_R(r)$，$f_S(s)$が次のように与えられたとき，構造物の破壊確率として，最も近い値はどれか。
ただし，破壊確率は，$Pr[R<S]$で与えられるものとする。

$$f_R(r)=\begin{cases}0.2 & (18\le r\le 23)\\ 0 & (\text{その他})\end{cases},\qquad f_S(s)=\begin{cases}0.1 & (10\le s\le 20)\\ 0 & (\text{その他})\end{cases}$$



① 0.02　② 0.04　③ 0.08　④ 0.1　⑤ 0.2

問題の図は横軸が地震などによる揺れの強さを示しています。

Ｒは材料強度で、建物でいえばその強さを示します。強度１８までの揺れには何ら問題はありませんが、それ以上の揺れになると徐々に持ちこたえられなくなり、強度２３を超えるともはや残る建物はありません。このＲのグラフは底辺が幅５（２３－１８）、高さ（発生確

率）が０．２で、面積１（確率的には必ず起こる）に規格化されています。

一方Ｓは作用荷重で、地震強度の分布と理解します。こちらも強度１０から２０まで、高さが０．１と、掛け合わせると１に規格化されています。

この図において建物が地震で壊れる強度範囲は１８から２０でその幅は２、この範囲で建物が地震で壊れる確率は、作用荷重がこの範囲にある確率０．１とこの範囲で建物が壊れる平均確率０．２（Ｓが１８の時には建物は壊れないが、Ｓが２０となると４０％の確率で建物が壊れ、平均すると２０％、すなわち０．２）を掛け合わせた０．０２となります。４０％の確率は（２０－１８）／（２３－１８）×１００％で算出されます。このＳとＲを掛け合わせた確率０．０２に強度幅２を掛け合わせた（横軸に沿って１８から２０まで積分した）値０．０４が構造物の破壊確率となります。

数式で表すと破壊確率は、

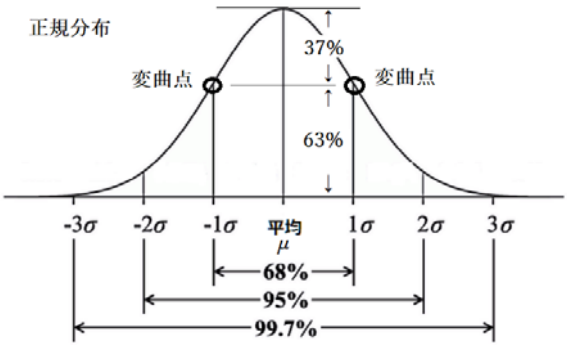
$$=\int_{18}^{20}\left[(x-18)\times 0.2\right]\times 0.1dx$$

y =x-18 と置くと、

$$=\int_{0}^{2}0.02ydy=\left[0.01y^2\right]_0^2=0.04$$

令和２年度の本問題も基本的にはＨ２９年度の問題と同じであると考えられますが、ＲおよびＳが正規分布として与えられるところに違いがあります。厳密には正規分布を関数 $f_R(x)$、関数 $f_S(x)$ として、重なり積分 $\int F_R(x)\ f_S(x)\ dx$（次ページ参照）を求めなければなりませんが、短い試験時間内ではそのようなことは不可能に近いと考えられます。

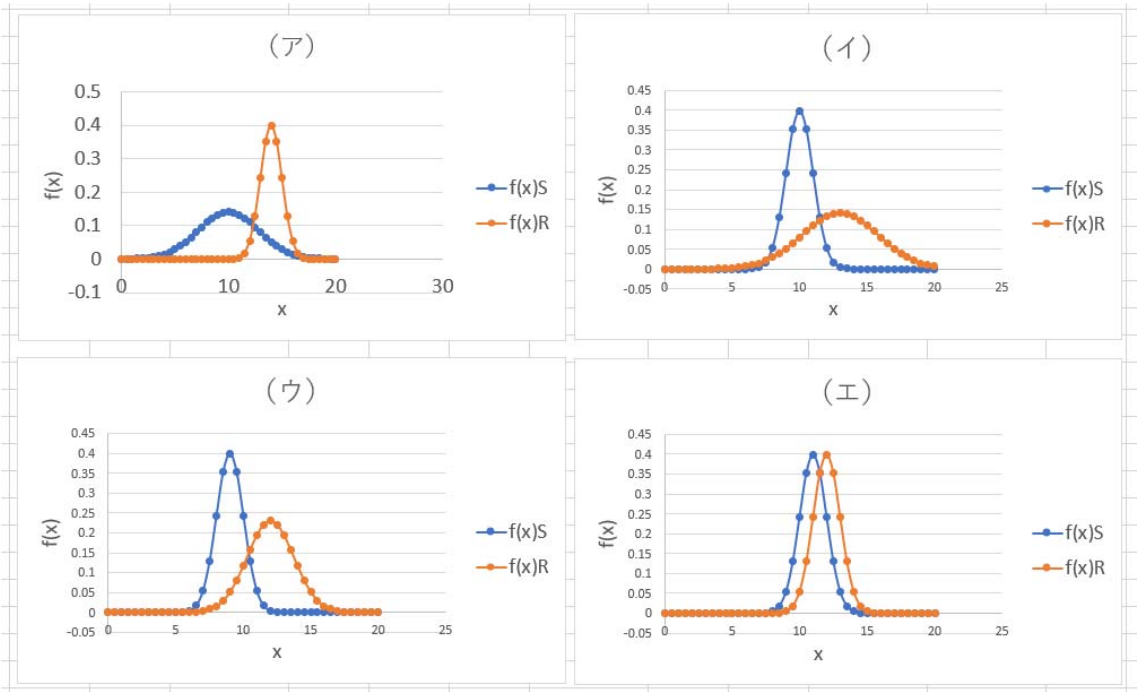
本問題を解くにあたって、まず知識の整理をします。



正規分布は、右図に示すような分布を示すグラフで、グラフ下のμがその平均値（極大点のｘ座標）、σが標準偏差でμから変曲点までの距離を示します。

中央から変曲点までの距離がσ、グラフの最大点高さに対して変曲点位置での高

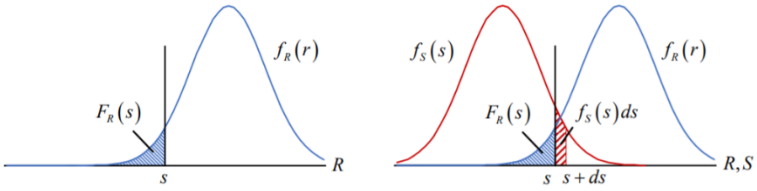
さは約６割と覚えておいてください。
この予備知識を基に、与えられた情報（μ、σ）より（ア）～（エ）の正規分布グラフを描きます。



ここで、破壊確率に関する情報です。

信頼性工学　第 12 回：破壊確率と信頼性指標
千葉大学 大学院工学研究院 都市環境システムコー　岡野 創

① 破壊確率を荷重から求める



荷重が確定値sの場合の破壊確率,

$$P_f = \int_{-\infty}^{s} f_R(r)dr = F_R(s) \qquad (6.1)$$

荷重が$[s,s+ds]$の間にある確率は,

$$f_S(s)ds$$

荷重の全区間について積分すると,

$$P_f = \int_0^{\infty} F_R(s) f_S(s) ds \qquad (6.2)$$

この情報を理解して、上で示した（ア）～（エ）における材料の壊れやすさの確率の大小を比較します。「Pr（X<0）を小さい順に」と聞かれていますので、壊れる確率の小さなものから順に並べることになります。

（ア）と（エ）の比較　　（ア）が壊れにくい、（エ）が一番壊れやすい
（ア）と（ウ）の比較　　（ウ）が壊れにくい
（ア）と（イ）の比較　　（ア）が壊れにくい

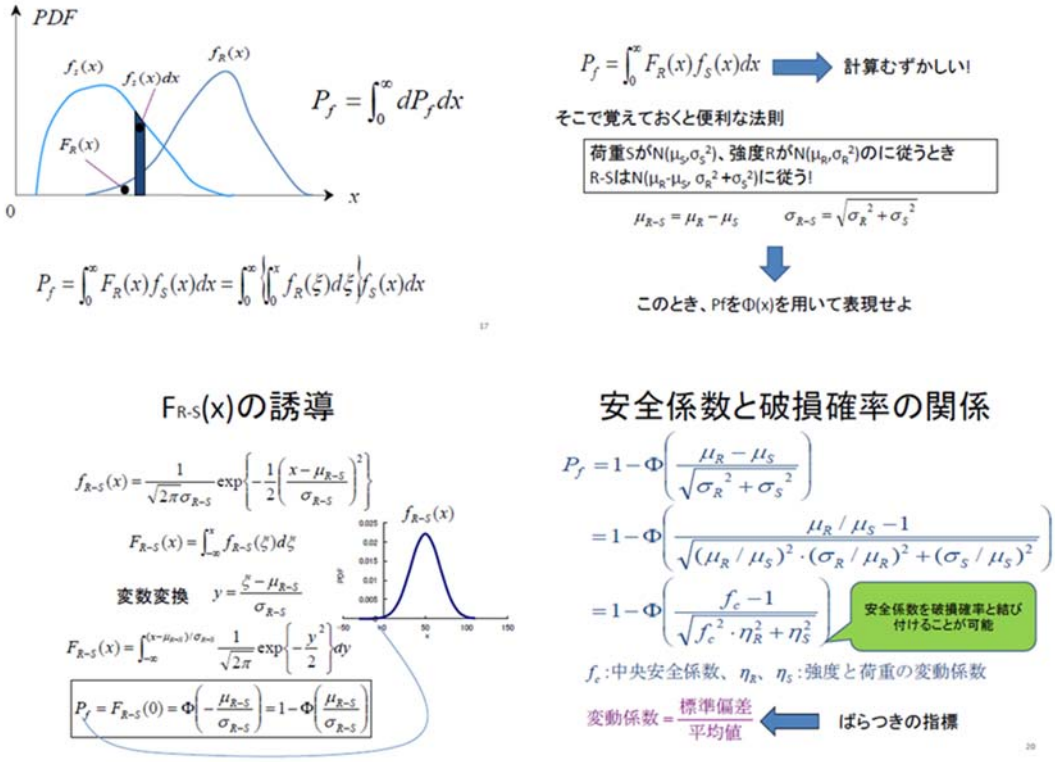
したがって、壊れる確率の小さなものから順に並べると、ウ→ア→イ→エとなり、答は④となります。

ただし、以上の解き方では４分以内に答を得ることは難しいでしょう。
素早く答を得るには、正規分布の引き算を利用します。その詳細は下の散歩道中に記しています。そのポイントは、
「荷重Ｓが$N(\mu_S, \sigma_S^2)$、強度Ｒが$N(\mu_R, \sigma_R^2)$に従うとき、Ｒ－Ｓは$N(\mu_R-\mu_S, \sigma_R^2+\sigma_S^2)$に従う」です。$\mu_{R-S}=\mu_R-\mu_S$、$\sigma_{R-S}=\sqrt{(\sigma_R^2+\sigma_S^2)}$です。

（散歩道）
ひとつ目の方法は Excel の持っている計算機能を利用する方法です。ただし、この方法は試験会場では使えません。
Excel では、標準化された正規分布の　$x=-\infty$～ある数値までの面積を求める関数として NORMDIST（ある値ｘ，μ，σ，true）があります。この関数を使えば$f_S(x)dx$を容易に求めることができ、また正規分布関数$f_R(x)$については$x=-\infty$～ｘに存在する面積$F_R(x)$を求めることができます。
したがって、あるｘ（幅はｄｘ）において$F_R(x)f_S(x)dx$が求まります。あとはこれを$x=-\infty\rightarrow+\infty$まで積分すれば次ページに示した破壊確率Ｐｒが求まります。

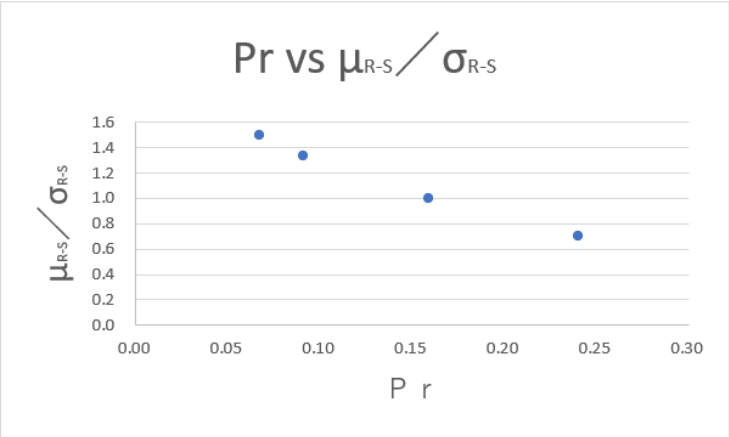
もう一つの方法（これが答えを素早く求める方法）です。
次ページの図中に破壊確率＝$1-\Phi(\mu_{R-S}/\sigma_{R-S})$で表されるΦ関数が示されています。左下です。
このΦ関数は破壊確率と逆の動きをするため、このΦ関数、具体的にはμ_{R-S}/σ_{R-S}を確認すれば、破壊確率の大小が確認できることになります。
実際に計算した結果を次ページの表で示します。Excel による方法、Φ関数による方法のどちらの方法を用いても、求める答えが④であることがわかります。

https://www.fml.t.u-tokyo.ac.jp/~sakai/kougi/HakaiKyoudogaku/No2.pdf
東京大学大学院　工学研究科　機械工学　泉・波田研究室



早く答えにたどり着けるのはΦ関数を用いる方法です。
正規分布の足し合わせに関する問題がページ３７－３８にありますので、そちらも確認ください。

	Pr	μR-S	σR-S	μR-S／σR-S	順番
（ア）	0.091	4	3	1.333	2
（イ）	0.159	3	3	1.000	3
（ウ）	0.067	3	2	1.500	1
（エ）	0.240	1	1.41	0.707	4



④　誤り
統計的品質管理法が我が国に取り入れられたのは第二次世界大戦後です。

科学的管理法（Wikipedia）より
テイラーの主張した科学的管理法の原理は、課業管理、作業の標準化、作業管理のために最適な組織形態の３つである。作業の標準化は時間研究と動作研究よりなる。

時間研究
生産工程における標準的作業時間を設定し、これに基づいて 1 日の課業を決定するための研究

動作研究
作業に使う工具や手順などの標準化のための研究　テイラーは、生産工程における作業を「要素動作」と呼ばれる細かい動作に分解し、その各動作にかかる時間をストップウオッチを用いて計測して標準的作業時間を算出する「時間研究」を考案した。優れた労働者を対象に時間研究を行って、課業管理を行った。

統計的品質管理の歴史（日科技連）
1931 年にアメリカのベル電話研究所のシューハート（W.A.Shewhart）は、統計学を基礎にした管理図を提唱しました。これが統計的品質管理の始まりといわれています。
わが国では、1950 年代初期まで、メイド・イン・ジャパンは安かろう・悪かろうという粗悪品の代名詞であり、製品の品質向上が多くの企業にとって課題でした。そこで日本科学技術連盟（日科技連）は、1950 年にアメリカよりデミング博士（W.E.Deming）を招聘し、管理図や抜取検査などの統計的手法についてセミナーで講義いただきました。

Ｉ－５－６　次の（ア）～（オ）の科学史・技術史上の著名な業績を，古い順から並べたものとして，最も適切なものはどれか。
（ア）マリー及びピエール・キュリーによるラジウム及びポロニウムの発見
（イ）ジェンナーによる種痘法の開発
（ウ）ブラッテン，バーディーン，ショックレーによるトランジスタの発明
（エ）メンデレーエフによる元素の周期律の発表
（オ）ド・フォレストによる三極真空管の発明

①　イ － エ － ア － オ － ウ　　④　エ － イ － オ － ア － ウ
②　イ － エ － オ － ウ － ア　　⑤　エ － オ － イ － ア － ウ
③　イ － オ － エ － ア － ウ

解答：①

ページ３６７にほぼ同じ問題。

ジェンナーによる種痘法の開発（１７９８年）は初登場である。
新型コロナウイルス（COVID－１９）の感染拡大が影響していると思われる。

キュリー夫妻、ショックレー等、メンデレーエフ、フォレストがわかっていれば正解できる。

参考までに、ページ３６４～３６５より　まとめ

物理	１６０８年	ガリレイ	天体望遠鏡で天体観測
物理	１６５６年	ホイヘンス	振り子時計を発明
物理	１７０５年	ハレー	周期彗星の発見
物理	１７１２年	ニューコメン	大気圧機関の発明
電気	１７５２年	フランクリン	雷の電気的性質の解明
物理	１７７１年	アークライト	水力紡績機を発明
物理	１７７６年	ワット	ワット式蒸気機関発明
生物	１７９８年	ジェンナー	種痘法の開発
電気	１８００年	ボルタ	異種金属電池の発明
電気	１８２２年	バベッジ	コンピュータ原型を試作
生物	１８５９年	ダーウィン、ウォーレス	進化の自然選択説提唱
電気	１８６４年	マックスウェル	電磁場の方程式
生物	１８６５年	メンデル	遺伝の法則
化学	１８６９年	メンデレーエフ	元素の周期律の発表
電気	１８７６年	ベル	電話の発明
化学	１８７９年	イーストマン	写真用フィルム乾板を発明
電気	１８８０年	エジソン	発電機の発明
電気	１８８７年	ヘルツ	電磁波の存在を実験的に確認
原子	１８９５年	レントゲン	Ｘ線の発見
原子	１８９６年	ベクレル	ウランの放射線を発見
原子	１８９７年	ウィルソン	霧箱の発明
原子	１８９８年	キュリー夫妻	ラジウム及びポロニウムの発見
物理	１９０３年	ライト兄弟	人類初の動力飛行に成功
電子	１９０６年	フォレスト	三極真空管の発明

©alchemist.jp　2021.12

化学	１９０８年	ハーバー	アンモニア合成を確立
物理	１９１６年	アインシュタイン	一般相対性理論提唱
生物	１９２１年	フレミング	リゾチームの発見
生物	１９２８年	フレミング	ペニシリンの発見
化学	１９３５年	カローザス	ナイロンの発明
原子	１９３８年	ハーン	原子核分裂の発見
原子	１９４２年	フェルミ	原子核分裂の連鎖反応制御に成功
原子	１９５２年	福井謙一	フロンティア電子理論の提唱
電子	１９５６年	ブラッテン	トランジスタの発明

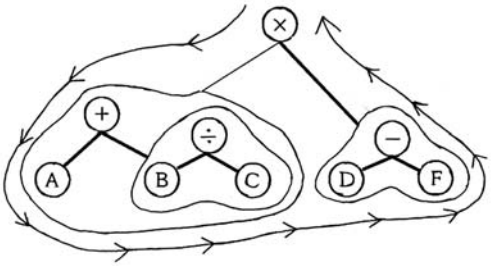
©alchemist.jp　2021.12

令和３年度技術士一次試験

令和３年度　基礎科目問題の概要

問題番号	問題の内容	「基礎科目問題を極める」関連ページ	キーワードなど	問題の難易（目安）
第１群	**設計・計画**			
１－１	ユニバーサルデザイン	28-32	基本的事項を問う	易
１－２	システムの信頼度計算	7-8	５つのシステムを比較	易
１－３	PDCAサイクル	64	P、D、C、Aは何の略か	易
１－４	平均故障間隔	18	MTBFの意味	易
１－５	座屈に関する理解	68-69	座屈に至る要素	普
１－６	製図法におけるルール		第三角法	難？
第２群	**情報・論理**			
２－１	情報セキュリティー	108	公開鍵、秘密鍵と認証局	易
２－２	論理式の計算	115	AND、OR、NOT	易
２－３	データ送信必要時間		バイトとビットの関係	易
２－４	うるう年の判定表	134-135	理解できたら簡単	易
２－５	逆ポーランド表記法	130-131	理解できたら簡単	易
２－６	計算量と漸近的記法	94-95	始めてみると！？	難？
第３群	**解析**			
３－１	ベクトルの回転値	198-201	繁出問題	易
３－２	積分値と同じ数式は	153	シンプソンの公式	普
３－３	有限要素法解析要素	149,176-178,187	３接点三角要素内ひずみ	普
３－４	熱膨張した棒の応力	156-159	ヤング率の基本問題	易
３－５	バネの得たエネルギー	171-174	高校物理の世界	易
３－６	四分円の重心を求める		積分の計算能力？	難
第４群	**材料・化学・バイオ**			
４－１	同位体の定義と性質	225-226	化合物中の炭素割合	易
４－２	酸化還元反応	245-246	基礎的問題	易
４－３	金属とひずみ、応力	262-263	温度変化とヤング率	易
４－４	鉄の精錬	267	クラーク数、高炉	普
４－５	アミノ酸の特徴	283,285,287-288	システイン、メチオニン	普
４－６	DNAの突然変異		コドン、フレームシフト	難？
第５群	**環境・エネルギー・技術**			
５－１	用語説明の正誤		フロンは温暖化ガス	難
５－２	環境保全対策技術	338-339	活性汚泥法	普
５－３	日本のエネルギー情勢	316-317	再生可能エネルギー	難？
５－４	一次エネルギー消費	294,311-312,319	国別に比較	普？
５－５	科学技術の年代史	364-366	機械→電気→化学→核	普
５－６	科学技術基本計画		重点項目の変遷	難

ページ１３０～１３１参照。H30-1-2-5 に同じ。



スタックに入れた ABC を逆順に取り出した CB の割り算を先にしますから BC÷（$B \div C$）
次に足し算を　ABC÷＋（$\alpha = A + B \div C$）
スタックにはαと DF、
逆順に２つ取り出した FD の引き算は　DF－（$\beta = D - F$）
スタックにはαの上にβ、これを逆順に取り出した$\beta\alpha$を最後にかけ合わせます。

$\alpha \times \beta$＝（A＋B÷C）×（D－F）

よって答えは①の ABC÷＋DF－×

Ⅰ－２－６　アルゴリズムの計算量は漸近的記法（オーダ表記）により表される場合が多い。漸近的記法に関する次の（ア）～（エ）の正誤の組合せとして，最も適切なものはどれか。ただし，正の整数全体からなる集合を定義域とし，非負実数全体からなる集合を値域とする関数 f, g に対して，$f(n) = O(g(n))$ とは，すべての整数 $n \geq n_0$ に対して $f(n) \leq c \cdot g(n)$ であるような正の整数 c と n_0 が存在するときをいう。

（ア）$5n^3 + 1 = O(n^3)$
（イ）$n\log_2 n = O(n^{1.5})$
（ウ）$n^3 3^n = O(4^n)$
（エ）$2^{2^n} = O(10^{n^{100}})$

	ア	イ	ウ	エ
①	正	誤	誤	誤
②	正	正	誤	正
③	正	正	正	誤
④	正	誤	正	誤
⑤	誤	誤	誤	正

解答：③

予備知識として、ｎが増えるに従い数値の大きくなりやすさ、すなわち発散速度は

$$\log n < n < n\log n < n^2 < n^3 < 2^n$$

（ア）$(5n^3+1)/n^3 = 5 + 1/n^3 < 6$　　定数ｃが存在する。

（イ）$n\log_2 n / n^{1.5} = (2/\log 2) \times \log n^{0.5} / n^{0.5}$

$n^{0.5}$をαと置けば、

$$= (2/\log 2) \times \log\alpha / \alpha$$

上で示した予備知識より、$\log\alpha/\alpha$の値はｎの増加と共にどこかで小さくなっていく。確認してみると、ｎ＝１のとき式の値は０、ｎ＝４のとき１、ｎ＝１６のとき１、ｎ＝６４のとき６／８、ｎ＝２５６のとき８／１６となり、ｃの値は１に近い定数であることがわかる。

（ウ）$n^3 3^n / 4^n = n^3 (3/4)^n$

上で示した予備知識を参考にすると、n^3の値が大きくなる速度よりも、$(3/4)^n$

の値が小さくなる速度の方が速く、その結果、この計算式の値はどこかで小さくなり続ける。

具体的には、下で Excel 計算を行った結果より、ｎ＝１０でｃの値は５７である。

（エ）＾をべき乗の記号として用いると、計算式は

２＾（２＾ｎ）／１０＾（ｎ＾１００）

ｎ＝１のとき、この式の値は０．４。

ｎ＝２のときは１６／天文学的数値＝限りなくゼロ

ｎ＝３以降はさらに小さくなり続けるものと考えられる。

しかし、ｎが大きくなって、仮に計算式の値が増加に転じたとすると、その後はｎの増加に伴ってこの計算式の値は爆発的に大きくなっていくであろうから、求める定数ｃは無限に向けて発散し、定数としてのｃは存在しないことになる。

このことを正しく認識するために、次の操作を実施していく。

２＾（２＾ｎ）／１０＾（ｎ＾１００）

↓　分母分子共に対数をとる

$(2^{n}\log 2)/(n^{100}\log 10) \fallingdotseq 2^{n}/n^{100}$

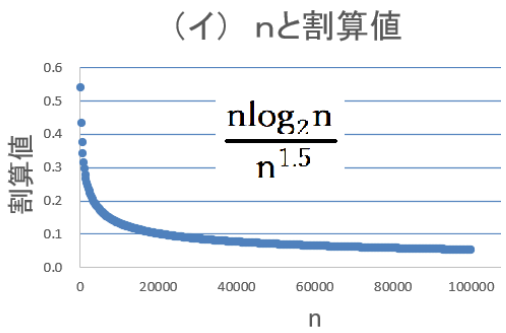
↓　分母分子共に対数をとる

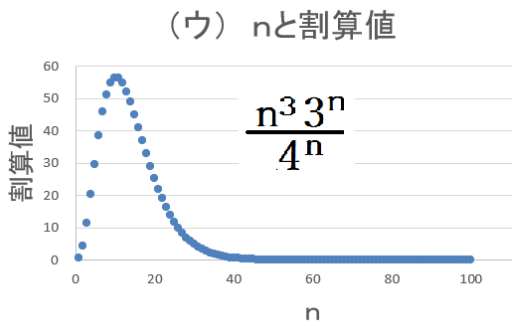
$(n\log 2)/(100\log n) \fallingdotseq n/\log n$

ｎが非常に大きくなると、ｃの値が際限なく増加していくことを示している。

以上の結果をまとめると、（ア）～（ウ）では定数となるｃの値が存在したことより「正」、（エ）はｎがある値を超えると求める定数ｃが増加を続け、その上限が存在しない（定数として確定しない）ので「誤」。従って答えは③である。

なお、確認のために（ア）～（エ）においてｃ値がどの程度になるかを、Ｅｘｃｅｌで計算してみた。その結果、（ア）～（ウ）ではｃ値はある有限の値以下であることが確認できた。（ア）はｎ＝１以上でｃ値は６、（イ）はｎ＝１以上でｃ値は２、（ウ）はｎ=10以上でｃ値は５７です。





ページ９２～９３の実行時間のオーダーも参照ください。ｌｏｇｎ＜ｎが示されています。

Ｉ－３－６　下図に示すように，厚さが一定で半径a，面密度ρの一様な四分円の板がある。
重心の座標として，最も適切なものはどれか。

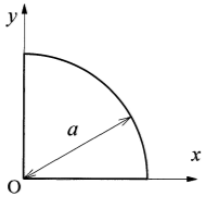
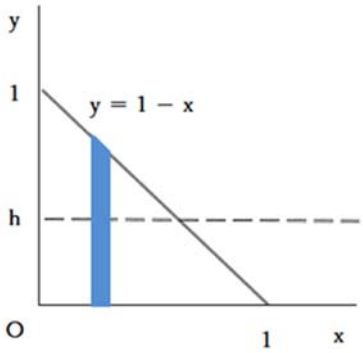


図　四分円の板

① $\left(\frac{\sqrt{3}a}{4}, \frac{\sqrt{3}a}{4}\right)$　② $\left(\frac{a}{2}, \frac{a}{2}\right)$　③ $\left(\frac{a}{\sqrt{2}}, \frac{a}{\sqrt{2}}\right)$　④ $\left(\frac{3a}{4\pi}, \frac{3a}{4\pi}\right)$　⑤ $\left(\frac{4a}{3\pi}, \frac{4a}{3\pi}\right)$

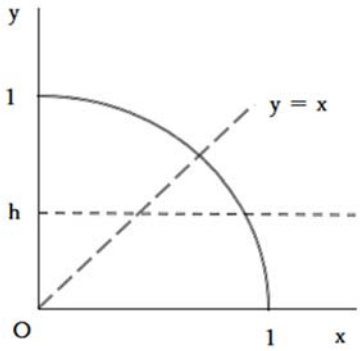
解答：⑤

まずは手始めに、三角形の重心を求めてみます。
右の図は底辺と高さを共に１とする二等辺三角形で、重心を通る高さｈの線を引いています。色で塗った長方形は底辺長さがｄｘ、高さが１－ｘの長方形です。
高さｈの線分を軸とするモーメントは次式で求められます。



$$\int_0^1 \int_0^{1-x} (y-h)\,\mathrm{d}y\,\mathrm{d}x = \frac{1}{6} - \frac{h}{2}$$

重心位置ではモーメントがゼロになりますから、得られた答をゼロと置くと、ｈ＝１／３となります。すなわち、三角形の重心は下辺から三分の一の高さにあることがわかります。



この方法をいま目的としている円に適用します。方法は先ほどと全く同じです。

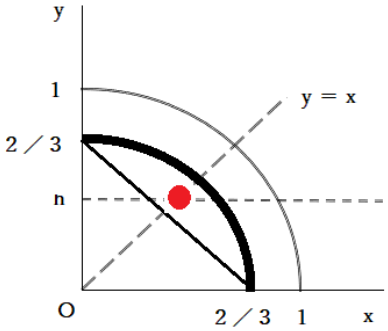
$$\int_0^1 \int_0^{\sqrt{1-x^2}} (y-h)\,\mathrm{d}y\,\mathrm{d}x = \frac{1}{3} - \frac{\pi h}{4}$$

同じく、得られた答をゼロと置くと、ｈ＝４／（３π）が求まります。
計算過程は省略しましたが、この計算では途中に

$$\int_0^1 \sqrt{1-x^2}\,\mathrm{d}x$$

が出てきます。これは四分の一円の面積ですから、π／４です。

なお、参考までですが、自宅においては複雑な積分計算に自ら取り組まなくても、Maple Calculator という無償のソフトを用いれば、上式の答えが一発で得られます。紙に書いた手書きの数式を携帯のカメラで撮影するだけです。



右の図は、どうしても解法が見つからない場合の苦し紛れの一手を説明するためのものです。
原点 O から扇状に広がる幅の狭い二等辺三角形を考えた場合、その重心の位置は右図の太い曲線上にあります。この太い曲線の重心が求める重心となります。
重心が存在する位置（ｘ軸値、ｙ軸値）は、図より０．３３３（(２／３）／２）から０．４７１（２／３／√２）の範囲となります。この２点の中点は０．４０２です。
図の形より、この値よりは若干大きいことが期待されます。
解答欄①～⑤の数値を計算すると、①０．４３３、②０．５００、③０．７０７、④０．２３９、⑤０．４２４となり、②～④は解答候補から外れます。①であるか⑤であるかはわかりませんので、２択の世界となります。
円の重心を求めるのであるから、その値に当然「π」が含まれているのでは、との直感？が働けば正解に至ります。

©alchemist.jp　2021.12

（補足資料）

地球温暖化問題とカーボンニュートラル

IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル、Intergovernmental Panel on Climate Change）が中心となり、地球温暖化問題に対処するための全世界的規模での活動が繰り広げられています。日本も温暖化ガスである二酸化炭素の排出量を大幅に低減するように求められ、特に石炭火力発電はその中止をめぐって激しい議論の対象となっています。

菅内閣総理大臣は 2020 年 10 月 26 日の所信表明演説において、日本が 2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言しました。また、菅内閣総理大臣は 2021 年 4 月の地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050 年目標と整合的で、野心的な目標として、2030 年度に、温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことを表明しました。

COP26 世界リーダーズ・サミットで令和 3 年 11 月 2 日の岸田総理スピーチにおいて、「2050 年カーボンニュートラル　日本は、これを、新たに策定した長期戦略の下、実現してまいります。2030 年度に、温室効果ガスを、2013 年度比で 46 パーセント削減することを目指し、さらに、50 パーセントの高みに向け挑戦を続けていくことをお約束いたします」と表明しました。

エネルギー基本計画（素案）の概要　令和 3 年 7 月 21 日　　資源エネルギー庁
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/046/046_004.pdf

エネルギー基本計画（素案）の全体像

- 新たなエネルギー基本計画（素案）では、**2050年カーボンニュートラル（2020年10月表明）**、**2030年の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標（2021年4月表明）**の実現に向けた**エネルギー政策の道筋**を示すことが重要テーマ。
  - 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、**国際的なルール形成を主導**することや、**これまで培ってきた脱炭素技術**、**新たな脱炭素に資するイノベーション**により国際的な競争力を高めることが重要。
- 同時に、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服が、もう一つの重要なテーマ。**安全性の確保を大前提**に、**気候変動対策を進める中でも、安定供給の確保やエネルギーコストの低減（S+3E）**に向けた取組を進める。
- エネ基全体は、主として、**①東電福島第一の事故後10年の歩み**、**②2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応**、**③2050年を見据えた2030年に向けた政策対応**のパートから構成。

S+3E：Safety（安全性）、Energy Security（自給率）、Economic Efficiency（経済効率性）、

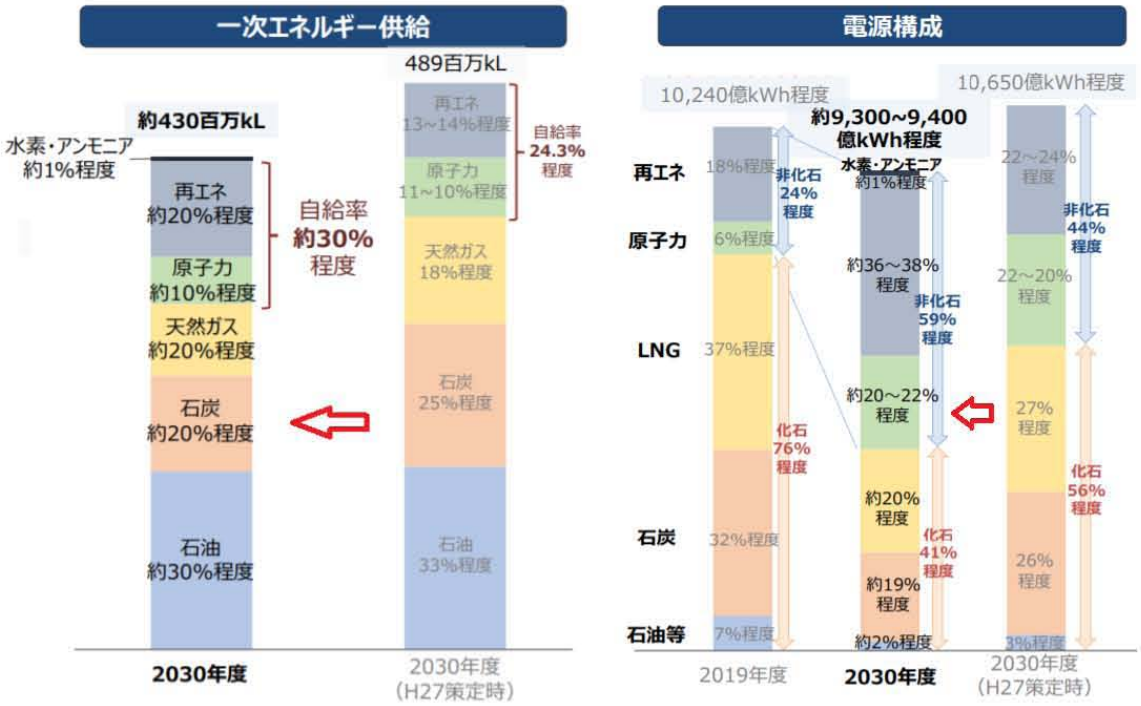
©alchemist.jp　2021.12

Enviroment（環境適合）

2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイント

- 2050年に向けては、**温室効果ガスの8割を占めるエネルギー分野の取組**が重要。
- 電力部門は、再エネや原子力などの**実用段階にある脱炭素電源を活用**し着実に脱炭素化を進めるとともに、**水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電などのイノベーションを追求**。
  CCUS: Carbon dioxide Capture and Strage
- 非電力部門は、**脱炭素化された電力による電化を進める**。電化が困難な部門（高温の熱需要等）では、水素や合成メタン、合成燃料の活用などにより脱炭素化。特に**産業部門においては、**水素還元製鉄や人工光合成などの**イノベーションが不可欠**。
- 2050年カーボンニュートラルを目指す上でも、**安全の確保を大前提に、安定的で安価なエネルギーの供給確保は重要**。この前提に立ち、2050年カーボンニュートラルを実現するために、**再エネについては、主力電源として最優先の原則のもとで最大限の導入に取り組み**、**水素・CCUSについては、社会実装を進める**とともに、**原子力については、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用**していく。
- こうした取組など、安価で安定したエネルギー供給によって国際競争力の維持や国民負担の抑制を図りつつ2050年カーボンニュートラルを実現できるよう、**あらゆる選択肢を追求する**。

※数値は全て暫定値であり、今後変動し得る。



©alchemist.jp　2021.12

微分・積分の基礎

微分の定義

$$f'(a)=\lim_{h\to 0}\frac{f(a+h)-f(a)}{h} \qquad \text{または} \qquad f'(a)=\lim_{x\to a}\frac{f(x)-f(a)}{x-a}$$

関数 A(x)=f(x)g(x)の微分は

$$\frac{dA(x)}{dx}=\frac{d}{dx}\left(f(x)g(x)\right)=\frac{df(x)}{dx}\cdot g(x)+f(x)\cdot\frac{\mathrm{d}g(x)}{dx}$$

すなわち

$$\{f(x)g(x)\}'=f'(x)g(x)+f(x)g'(x)$$

こうなる理由は

$$\begin{aligned}A'(x)&=\frac{f(x+h)g(x+h)-f(x)g(x)}{h}\\&=\frac{f(x+h)g(x+h)-f(x)g(x+h)}{h}+\frac{f(x)g(x+h)-f(x)g(x)}{h}\\&=\frac{f(x+h)-f(x)}{h}\times g(x+h)+f(x)\times\frac{g(x+h)-g(x)}{h}\end{aligned}$$

h が限りなくゼロに近づくと

$$=f'(x)g(x)+f(x)g'(x)$$

関数 A(x)=f(x)g(x)h(x)ならば

$$A'(x)=f'(x)g(x)h(x)+f(x)g'(x)h(x)+f(x)g(x)h'(x)$$

なぜ x^2 を x で微分すると 2x となるのか？

$$\frac{(x+h)^2-x^2}{h}=\frac{2hx+h^2}{h} \qquad h\to 0 \text{ で} \qquad =2x$$

あるいは

$$(x^2)'=x'\times x+x\times x'=1\times x+x+1=2x$$

©alchemist.jp　2021.12

ロピタルの定理

関数 $f(x)$, $g(x)$ が $x=a$ を含む区間で微分可能で,
$\lim_{x\to a} f(x)=0$, $\lim_{x\to a} g(x)=0$, $g'(x)\neq 0$ のとき

$$\lim_{x\to a}\frac{f'(x)}{g'(x)}=l \text{（有限確定値）ならば} \quad \lim_{x\to a}\frac{f(x)}{g(x)}=l$$

計算例

$$\lim_{x\to 0}\frac{\sin 3x}{x}=\lim_{x\to 0}\frac{(3x)'\times\cos 3x}{1}=3$$

何回微分してもよい

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^3}{e^x}=\lim_{x\to\infty}\frac{3x^2}{e^x}=\lim_{x\to\infty}\frac{6x}{e^x}=\lim_{x\to\infty}\frac{6}{e^x}=0$$

合成関数の微分

A(x)=f(g(x))であるとすると、g(x)=u として

$$\frac{dA(u)}{dx}=\frac{df(u)}{du}\frac{du}{dx}$$

具体例を示すと
y=sin(2x+2)を x で微分すると
y'=cos(2x+1)×(2x+1)'＝2cos(2x+1)

知っておいた方がよい微分

$(e^x)'=e^x$　　$(x^n)'=nx^{n-1}$　　$(a^x)'=a^x\log a$

$(\sin x)'=\cos x$　　$(\cos x)'=-\sin x$　　$(\tan x)'=\dfrac{1}{\cos^2 x}$

$(\log x)'=\dfrac{1}{x}$　　$\{\log|f(x)|\}'=\dfrac{f'(x)}{f(x)}$

$\left\{\dfrac{1}{g(x)}\right\}'=-\dfrac{g'(x)}{\{g(x)\}^2}$　　$(\log_a x)'=\dfrac{1}{x\log a}$

$$\left\{\frac{f(x)}{g(x)}\right\}'=\frac{f'(x)g(x)-f(x)g'(x)}{\{g(x)\}^2}$$

©alchemist.jp　2021.12

知っておいた方がよい積分

$$\int x^{\alpha}dx=\frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1}+C \quad (\alpha\neq-1) \qquad \int\frac{dx}{x}=\log|x|+C$$

$$\int\sin x\,dx=-\cos x+C \qquad \int\cos x\,dx=\sin x+C$$

$$\int\frac{dx}{\cos^2 x}=\tan x+C \qquad \int\frac{dx}{\sin^2 x}=-\frac{1}{\tan x}+C$$

$$\int e^x dx=e^x+C \qquad \int a^x dx=\frac{a^x}{\log a}+C \quad (a>0,\ a\neq1)$$

置換積分

$$\int f(x)dx=\int f(g(t))g'(t)dt \qquad x=g(t)$$

$$\int f(ax+b)dx=\frac{1}{a}F(ax+b)+C \quad (a\neq0) \qquad F'(x)=f(x)$$

$$\int\{g(x)\}^{\alpha}g'(x)dx=\frac{\{g(x)\}^{\alpha+1}}{\alpha+1}+C\ (\alpha\neq-1)$$

$$\int\frac{g'(x)}{g(x)}dx=\log|g(x)|+C$$

部分積分法

$$\int_a^b f(x)g'(x)dx=\Big[f(x)g(x)\Big]_a^b-\int_a^b f'(x)g(x)dx$$

$$\int\log x\,dx=x\log x-x+C$$

（注意）対数 log は e を底とする自然対数です。

シンプソンの公式

$$\int_a^b f(x)\,dx\approx\frac{b-a}{6}\left[f(a)+4f\left(\frac{a+b}{2}\right)+f(b)\right]$$

技術士一次試験　基礎科目問題を極める

初版　　２０２０年　６月１８日発行
増補版　　２０２１年１２月　９日発行

©著者　畑　啓之

技術士（化学部門）

〒675-0122
兵庫県加古川市別府町別府 835-1-1027
E-mail: hata@alchemist.jp