俯瞰チャート①

2018年9月12日

図・表	大分類	中分類	小分類	詳細	小学算数		中学数学											高校数学												大学数学							
					単位換算 ある比の大きさ	割合・百分率	正負の数	文字式の計算	1次方程式	比例と反比例	合同	連立方程式	1次関数	相似な図形	2次方程式	平方根・$y=ax^2$	三平方の定理	標本調査	2次関数	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数	数列・漸化式	三角比・三角関数	ベクトル	複素数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数	微分・偏微分	重積分・重積分	ベクトル解析	常微分方程式	偏微分方程式	代数学	確率・統計学
	1．様々な運動（→古典力学）	物体の運動	平面内の運動	位置ベクトル $\vec{r_1}=(x_1,y_1)$　$\vec{r_2}=(x_2,y_2)$　←2次元の場合																																	
				変位 $\Delta\vec{r}=\vec{r_2}-\vec{r_1}$　$\Delta\vec{r}=(\Delta x,\Delta y)$, $\Delta x=x_2-x_1$, $\Delta y=y_2-y_1$																																	
				速度 $\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}$　．速さ $=\lvert\vec{v}\rvert=\left\lvert\frac{d\vec{r}}{dt}\right\rvert$　．相対速度 $=\vec{v}_B-\vec{v}_A$																																	
				速度の合成 $\vec{v}=\vec{v_1}+\vec{v_2}$　，速度の分解 $=(v_x,v_y)$, $v_x=v\cos\theta, v_y=v\sin\theta$																						合成&分解													
$s-t$図 $v-t$図				加速度 $\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}=\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$　．等加速度直線運動 $=v_0+at, x=v_0t+\frac{1}{2}at^2, v^2-v_0^2=2ax$																																	
			落体の運動	自由落下　$v_y=gt$, $y=\frac{1}{2}gt^2$, $v_y^2=2gy$																																	
				空気抵抗が働く落下運動 運動方程式：$ma_y=mg-kv_y$　$\frac{dv_y}{dt}=g-\frac{k}{m}v_y$（微分方程式） $v_y=\frac{mg}{k}\left(1-e^{-\frac{kt}{m}}\right)$ $(t=0$のとき, $v_y=0)$　$t\to\infty$で, $v_y\to\frac{mg}{k}$（終端速度）																									極限値					2階線形微分方程式			
				鉛直投射 $v_y=v_0\pm gt, y=v_0t\pm\frac{1}{2}gt^2, v_y^2-v_0^2=\pm2gy$　（＋：投げおろし, －：投げ上げ）																																	
				水平投射　$v_x=v_0$(一定), $x=v_0t$　, $v_y=gt$, $y=\frac{1}{2}gt^2$, $v_y^2=2gy$																																	
				斜方投射　$v_x=v_0\cos\theta$, $x=v_0\cos\theta\cdot t$ $v_y=v_0\sin\theta-gt$, $y=v_0\sin\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2$　$\Rightarrow y=\tan\theta\cdot x-\frac{g}{2(v_0\cos\theta)^2}x^2$																																	
		剛体のつり合い	剛体のつり合い	カのつり合い　$\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}\cdots=\sum\vec{F_i}=\vec{0}$																																	
				カのモーメントのつり合い $\vec{M_1}+\vec{M_2}+\vec{M_3}\cdots=\sum\vec{M_i}=\vec{0}$																																	
			力のモーメント	$\vec{M_i}=\vec{r_i}\times\vec{F_i}$（ベクトル積）　$\lvert\vec{M_i}\rvert=\lvert\vec{r_i}\times\vec{F_i}\rvert=\lvert\vec{F_i}\rvert\lvert\vec{r_i}\rvert\sin\theta_i$																														外積				
			重心の座標(x_G,y_G)	$x_G=\frac{m_1x_1+m_2x_2+m_3x_3+\cdots}{m_1+m_2+m_3+\cdots}=\frac{\sum m_ix_i}{\sum m_i}$　$y_G=\frac{m_1y_1+m_2y_2+m_3y_3+\cdots}{m_1+m_2+m_3+\cdots}=\frac{\sum m_iy_i}{\sum m_i}$																							平均値											
		運動量と力積	運動量の保存	運動量の定義　$\vec{p}=m\vec{v}$　運動量の変化と力積 $m\vec{v'}-m\vec{v}=\vec{F}\Delta t$																																	
				運動量の保存則 $m_1\vec{v_1}+m_2\vec{v_2}=m_1\vec{v_1'}+m\vec{v_2'}$　$\begin{cases}m_1v_{1x}+m_2v_{2x}=m_1v_{1x}'+mv_{2x}'\\m_1v_{1y}+m_2v_{2y}=m_1v_{1y}'+mv_{2y}'\end{cases}$																																	
			反発係数	反発係数eの定義 $=\frac{\lvert\vec{v_1'}-\vec{v_2'}\rvert}{\lvert\vec{v_1}-\vec{v_2}\rvert}=\frac{\lvert衝突後の相対速度\rvert}{\lvert衝突前の相対速度\rvert}=\frac{衝突後に速さかる速さ}{衝突前に近づく速さ}$																																	
			弾性衝突と非弾性衝突	弾性衝突：$e=1\cdots$力学的エネルギーは保存される（$\Delta E=0$） 非弾性衝突：$0\leqq e<1\cdots$力学的エネルギーは保存されない（$\Delta E<0$）																																	
		仕事とエネルギー	仕事と仕事率	仕事　$W=Fs$　$\Rightarrow W=Fs\cos\theta=\vec{F}\cdot\vec{s}$　仕事率 $P=W/t=Fv(=\vec{F}\cdot\vec{v})$																					内積												
			力学的エネルギーの保存則	$K=\frac{1}{2}mv^2$　$U=mgh$　$K+U=$一定　$\Rightarrow$　$\frac{1}{2}mv_1^2+mgh_1=\frac{1}{2}mv_2^2+mgh_2$																																	
				保存力$\vec{F}$　$\vec{F}=-\nabla U$　$U_f=\int_0^f\vec{F}\cdot d\vec{r}=-\int_f^0\vec{F}\cdot d\vec{r}$　$\Rightarrow\int_i^f\vec{F}\cdot d\vec{r}=\int_0^f\vec{F}\cdot d\vec{r}-\int_0^i\vec{F}\cdot d\vec{r}=U_i-U_f$																																	
		円運動と単振動	等速円運動	速度の大きさ(速さ) $v=r\omega$　，加速度 $=r\omega^2=\frac{v^2}{r}$																																	
$s-t$図 $v-t$図 $a-t$図			単振動	復元力 $F=-m\omega^2x=-Kx$ $x=A\sin\omega t$　$v\left(=\frac{dx}{dt}\right)=A\omega\cos\omega t$　$a\left(=\frac{dv}{dt}\right)=A\omega^2\sin\omega t$　$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$											平方根																		2階線形微分方程式			
			ばね振り子	復元力 $F\equiv-kx$　$\Rightarrow$ 周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{m_e}{k}}$											平方根																		2階線形微分方程式			
			単振り子と円錐振り子	単振り子　…周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$　，円錐振り子周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{l\cos\theta}{g}}$											平方根																		2階線形微分方程式			
		万有引力	ケプラーの法則	第1法則(楕円軌道の法則), 第2法則(面積速度一定の法則), 第3法則(調和の法則)　$\frac{T^2}{a^3}=k$(一定)																																	
			万有引力と重力	万有引力の法則 $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$　，重力　$mg=G\frac{Mm}{R^2}$　より, $g=G\frac{GM}{R^2}$																																	
				高さhにおける重力 $g_h=\left(\frac{R}{R+h}\right)^2g=\left(1+\frac{h}{R}\right)^{-2}g\fallingdotseq\left(1-\frac{2h}{R}\right)g$　$(h\ll R)$																																	
			万有引力による位置エネルギー	$U=-G\frac{Mm}{r}$　$\Rightarrow$　力学的エネルギー保存則 $E=\frac{1}{2}mv^2+\left(-G\frac{Mm}{r}\right)=$一定																																	
			宇宙速度	第1宇宙速度 $v_1=\sqrt{gR}$　，第2宇宙速度 $v_2=\sqrt{2gR}$　，第3宇宙速度 $v_3\fallingdotseq17km/s$											平方根																						
	2．熱（→熱力学，統計力学）	気体の分子運動	気体の状態方程式	ボイルの法則：$pV=k_1$　(定数)　，シャルルの法則：$\frac{V}{T}=k_2$　(定数)																																	
				理想気体の状態方程式：　$pV=nRT$　$\Rightarrow$　実在気体の状態方程式は化学の範疇																																	
			気体分子の熱運動	気体の圧力 $p=\frac{F}{S}=\frac{Nmv^2}{3L^3}$　，気体の運動エネルギー(分子1個あたり)　$\frac{1}{2}m\overline{v^2}=\frac{3}{2}\frac{R}{N_A}T=\frac{3}{2}kT$																						2乗平均											
			2乗平均速度	$\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\frac{3RT}{N_Am}}=\sqrt{\frac{3RT}{M}}$　，　$M=N_Am$　(モル質量)											平方根											2乗平均											
			熱力学の第1法則	$\Delta U=Q+W$　，$W=-p\Delta V$（定圧変化）																																	
$p-V$図			気体の状態変化と熱・仕事	定積変化 … $\Delta U=Q+0$　(∵ $W=0$)　定圧変化 … $\Delta U=Q-p\Delta V$　(∵ $W=-p\Delta V$)																																	
				等温変化 … $0=Q+W$　(∵ $\Delta U=0$)　断熱変化 … $\Delta U=W$　(∵ $Q=0$)																																	
			断熱変化（ポアソンの法則）	$pV^\gamma=c_1$(一定)　$TV^{\gamma-1}=c_2$(一定)　$T^\gamma p^{1-\gamma}=c_3$(一定)　$(\gamma=C_p/C_v)$																																	
			マイヤーの関係	マイヤーの関係 ..$C_p-C_v=R$　熱機関の熱効率e $=\frac{W}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$																																	
	3．波（→ 音響学, 光学）	波の性質	正弦波	$y=A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t\mp\frac{x}{v}\right)=A\sin2\pi\left(\frac{t}{T}\mp\frac{x}{\lambda}\right)$　←　+(−)…x 軸の正（負）の向きの進む波																																	
				波の重ね合わせ：$y=y_1+y_2$　$\Rightarrow$正弦波であれば、三角関数の合成適用可																																	
波の干渉と双曲線			波の干渉	波源S_1とS_2が同位相の場合 $\begin{cases}強め合う点：\lvert L_1-L_2\rvert=m\lambda=\frac{\lambda}{2}\cdot2m\ (=0,\lambda,2\lambda,\cdots)\\弱め合う点：\lvert L_1-L_2\rvert=m\lambda+\frac{\lambda}{2}=\frac{\lambda}{2}\cdot(2m+1)\ \left(=\frac{\lambda}{2},\frac{3\lambda}{2},\frac{5\lambda}{2},\cdots\right)\end{cases}$																																	
			波の反射と屈折	反射の法則：$i=r$　屈折の法則（Snellの法則）：$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\left(=\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=n_{12}$																																	
楕円			ホイヘンスの原理	素元波, 包絡面　$\Rightarrow$　反射波と屈折波の波面（幾何学的分析）																																	
		音	音速	$v=331.5+0.6t$　←　気温 t の1次関数													断熱変化		断熱変化										1次近似	断熱変化		断熱変化						
			干渉とうなり	音の干渉は波の干渉と同じ　，　音のうなり：$N=\lvert f_1-f_2\rvert$																																	
			ドップラー効果	音源と観測者が同時に動く場合　…$f'=\frac{V-v_o}{V-v_s}f_s$　or　$f'=\frac{V-v_o\cos\theta}{V-v_s\cos\theta}f_s$																																	
				音を反射する物体が動く場合（音源と観測者は静止　$f'=\frac{V-v_R}{V+v_R}f_s$　(v_R：反射体の速度)																																	
				風が吹いている場合　$f'=\frac{(V\pm V_w)-v_o}{(V\pm V_w)-v_s}f_s$																																	
		光	光の反射と屈折	波の反射の法則と屈折の法則（Snellの法則）が成り立つ																																	
			全反射	$\left(\frac{\sin i_c}{\sin90^\circ}=\right)\sin i_c=n_{12}=\frac{n_2}{n_1}$																																	
幾何光学			レンズと球面鏡	レンズと球面鏡の式：$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$　倍率：$m=\left\lvert\frac{b}{a}\right\rvert$																																	
光路差近似			光の回折	ヤングの実験 $\begin{cases}明線の位置：x=\frac{m\lambda L}{d}\ (m=0,1,2,\cdots)\\暗線の位置：x=\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{L\lambda}{d}\ (m=0,1,2,\cdots)\end{cases}$　隣り合う明線(暗線)の間隔 $\Delta=\frac{L\lambda}{d}$ $\lvert L_1-L_2\rvert\fallingdotseq\frac{d}{L}x$																	離散値	離散値								1次近似								
光路差近似				回折格子　θが十分小さい場合, $\sin\theta\fallingdotseq\frac{d}{l}\tan\theta=d\frac{x}{l}$ 明線ができる条件：$d\sin\theta=m\lambda$　$(m=0,1,2,\cdots)$　$\Rightarrow$ 明線の間隔：$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$																	離散値	離散値								1次近似								
光路差近似			光の干渉　薄膜	強め合う (明)：$2nd\cos r=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda=\frac{\lambda}{2}\cdot(2m+1)$　$(m=0,1,2,\cdots)$ 弱め合う (暗)：$2nd\cos r=m\lambda=\frac{\lambda}{2}\cdot2m$　$(m=0,1,2,\cdots)$																	離散値	離散値																
光路差近似			空気層	くさび形空気層（位相がπだけずれる）$\begin{cases}明線の位置：x=\frac{L\lambda}{2d}\left(m+\frac{1}{2}\right)\\暗線の位置：x=\frac{L\lambda}{2d}m\end{cases}$ $2d=\frac{2a}{L}x$　より $\Rightarrow$ 隣り合う明線(暗線)どうしの間隔：$\Delta x=\frac{L\lambda}{2a}$																	離散値	離散値								1次近似								
光路差近似			ニュートンリング	ニュートンリング（位相がπだけずれている） $\begin{cases}明線：2d=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda=\frac{\lambda}{2}\cdot(2m+1)\ (m=0,1,2,\cdots)\\暗線：2d=m\lambda=\frac{\lambda}{2}\cdot2m\ (m=0,1,2,\cdots)\end{cases}$ $d\fallingdotseq\frac{r^2}{2R}$　より　$\begin{cases}暗環の半径：r=\sqrt{m\lambda R}\ (m=0,1,2,\cdots)\\明環の半径：r=\sqrt{\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda R}\ (m=0,1,2,\cdots)\end{cases}$																	離散値	離散値								1次近似								

| 図・表 | 大分類 | 中分類 | 小分類 | 詳細 | 小学算数 | 中学数学 | | |

俯瞰チャート②

図・表	大分類	中分類	小分類	詳細	小学算数			中学数学												高校数学															大学数学								自然科学
					分数・小数	単位換算 各ものの大きさ	割合・百分率	正負の数	文字式の計算	1次方程式	比例と反比例	平面図形・立体図形	合同	連立方程式	1次関数	相似な図形	2次方程式	平方根・$y=ax^2$	三平方の定理	標本調査	2次関数	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数	数列・数学的帰納法	三角比・三角関数	ベクトル	複素数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数	微分・偏微分	積分・重積分	ベクトル解析	常微分方程式	偏微分方程式	代数学	確率・統計学	
	物質の状態	固体の構造	化学結合	結合の種類… イオン結合，共有結合，金属結合 共有結合 … 不対電子,共有電子対，（孤）σ結合，π結合																																							量子力学 量子化学
結晶構造図			結晶の種類 ～金属結晶	単位格子の一辺の長さlと原子半径r　充填率 体心立方格子：$r=\frac{\sqrt{3}}{4}l$，　充填率≒0.68 (68%) 面心立方格子：$r=\frac{\sqrt{2}}{4}l$，　充填率≒0.74 (74%) 単位格子中の原子の数 体心立方格子：$\frac{1}{8}\times8+1=2$（個） 面心立方格子：$\frac{1}{8}\times8+\frac{1}{2}\times6=4$（個） 六方最密構造格子：$\left\{\frac{1}{6}\times12+\frac{1}{2}\times2+3\right\}\times\frac{1}{3}=2$（個）																																								
			～イオン結晶	隣イオンと陰イオン間の静電気力の大きさ　⇒ $F=k\frac{\lvert q_1\times q_2\rvert}{(r_1+r)^2}$ 塩化セシウム型の半径比の限界：$\sqrt{3}-1$ 塩化ナトリウム型の半径比の限界：$\sqrt{2}-1$							※ｸｰﾛﾝ力 クーロン力																															電気化学
			～分子結晶 ～共有結合結晶	…分子間力（ファンデルワールス力，水素結合） …ダイヤモンド，黒鉛，ケイ素，二酸化ケイ素																																							
		物質の状態変化	物質量（mol）	アボガドロ数と物質量－物質量＝原子数/アボガドロ定数［/mol］ 物質量と質量－物質量＝質量[g]/モル質量[g/mol]																																							
冷却曲線，蒸気圧曲線			冷却曲線，蒸気圧曲線	物体の三態（固体,液体,気体）と状態変化 冷却曲線，蒸気圧曲線																																							
			大気圧（大気の圧力）	標準大気圧＝1.013×10^5 P_a＝1 atm（１気圧）																																							
状態図			状態図	三重点，臨界点，超臨界状態（超臨界流体）																																							
pV図		気体の性質	ボイルの法則	$V=\frac{k}{p}$　または，$pV=k$　（k：定数）																																							
VT図			シャルルの法則	$V=k'T$　または，$\frac{V}{T}=k'$　（k'：定数）																																							
pV図，VT図			ボイル・シャルルの法則	$V=k''\frac{T}{p}$ または，$\frac{pV}{T}=k''$　（k''：定数）																																							
			（理想気体の）状態方程式	$pV=nRT$　モル質量M[g/L]（分子量M）の気体がw[g] $pV=\frac{w}{M}RT$　または $M=\frac{wRT}{pV}$																																							
			混合気体	ドルトンの分圧の法則　⇒ p(全圧)＝p_a+p_b（分圧の総和） ⇒ 分圧∝全圧×モル分率																																							
Z図，pV図			実在気体の状態方程式	ファンデルワールスの式 $\left\{p+\frac{a}{V^2}\right\}(V-b)=nRT$（$a,b$：定数）　$Z=\frac{pV}{nRT}$																		p の3次方程式											臨界点算出			臨界点算出								
飽和蒸気と溶液の溶解度曲線		溶液の性質	溶解平衡と溶解度	溶解度，再結晶，析出																																							
			ヘンリーの法則（気体の溶解度）	温度が一定，溶解度のかさい気体が一定量の溶媒に溶けるとき 気体の溶解量（＝物質量，質量）＊その気体の圧力（分圧）																																							
			溶液の濃度	質量パーセント濃度（%）＝$\frac{溶質の質量[g]}{溶液の質量[g]}\times100$ モル濃度［mol/L］＝$\frac{溶質の物質量[mol]}{溶液の体積[L]}\times100$ 質量モル濃度［mol/kg］＝$\frac{溶質の物質量[mol]}{溶媒の質量[kg]}\times100$																																							
蒸気圧曲線（vs T）			希薄溶液の性質 沸点上昇	沸点上昇度$\Delta t=K_b m$（＝モル沸点上昇×質量モル濃度）																																							
			凝固点降下	沸点上昇度$\Delta t=K_f m$（＝モル凝固点降下×質量モル濃度）																																							
				$\Delta t=K\times\frac{w}{M}\times\frac{1000}{W}$　⇒ $M=\frac{1000Kw}{W\Delta t}$（$K$：$K_b$ or K_f） （分子量M：モル質量[g/mol]，w：溶質の質量［g］，W：溶媒の質量[g]）																																							
			ラウールの法則	$p=xp_0(<p_0)$ p：溶液の蒸気圧，p_0：純溶媒の蒸気圧，$x(<1)$：溶媒のモル分率）																																							
			浸透圧（ファントホッフの法則）	$\Pi V=nRT$　$\Pi=\frac{nRT}{V}$（Π：浸透圧，R：気体定数） ⇒ $M=\frac{wRT}{\Pi V}$（w：溶質の質量，M：溶質のモル質量）																																							
	物質の変化と平衡	化学反応と熱・光エネルギー	反応熱と熱化学方程式	A(固)＋B（液）＝ AB（気）＋Q（反応熱） （＋：発熱反応，－：吸熱反応）							方程式（等式）																																物理化学（熱力学・熱化学）
反応経路と反応熱の図			ヘスの法則	物質が変化するとき出入りする熱量（反応熱）は， 最初と最後の状態だけで決まり，反応経路には無関係である．																																							
			反応熱	反応熱Q＝－（生成物の生成熱の和）－（反応物の生成熱の和） $\nu_A A+\nu_B B+\cdots=\nu_C\alpha+\nu_D\beta+\cdots+Q$ ⇒ $Q=\sum_{反応物}\nu_i\Delta_f Q(i)-\sum_{生成物}\nu_i\Delta_f Q(i)$																																							
			結合エネルギー	反応熱＝$\left[\begin{array}{c}生成物の\\結合エネルギーの和\end{array}\right]-\left[\begin{array}{c}反応物の\\結合エネルギーの和\end{array}\right]$																																							
		化学反応と電気エネルギー	電池 酸化還元，イオン化傾向	酸化数…酸化（酸化数が増大），還元（酸化数が減少） イオンイオンの大きさ，起電力の大きさ　$E=E^\circ-\frac{RT}{nF}\log\frac{[生成物]}{[反応物]}$																																							
物質の変化（発生）量 vs 通する電気量図			電気分解 ファラデーの法則	電気分解で，変化する物質の物質量は通した電気量に比例する． t_1[s]の電流をt_2[s]間通じると 流れた電気量[C]＝電流i[A]×通じる時間 t_2[s] 流れた電子の物質量[mol]＝$\frac{it[C]}{9.65\times10^4\ C/mol}=\left[\frac{it[C]}{F[C/mol]}\right]$ ファラデー定数：F $=[1.602\times10^{-19}C\times6.022\times10^{23}/mol]=9.65\times10^4$ C/mol							比例																																	物理化学（電気化学）
濃度の時間変化		反応速度	反応の速さ	反応速度＝$\frac{反応物(生成物)の濃度の変化量}{反応時間}$（＞0）																																							
			反応A→２Bの場合 Aの反応速度v	$v=\frac{Aの濃度の変化量}{反応時間}=-\frac{[A]_2-[A]_1}{t_2-t_1}=-\frac{\Delta A}{\Delta t}$（＞0）																																							
			反応式の係数と反応速度	$aA+bB+\cdots\rightarrow cC+dD+\cdots$ $v=-\frac{1}{a}\times\frac{\Delta[A]}{\Delta t}=-\frac{1}{b}\times\frac{\Delta[B]}{\Delta t}=\cdots=-\frac{1}{c}\times\frac{\Delta[C]}{\Delta t}=-\frac{1}{d}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}=\cdots$																																							
				反応速度：$v=k[A]^a[B]^b\cdots$（k：反応速度定数） a,bは$1,a=a,b=b,\cdots$　またはa,bは整数とは限らない！																																							
半減期と濃度推移			（※） 一次反応	$\alpha+\beta+\cdots=1\longrightarrow\alpha=1,\beta=\cdots=0$ $(v=)-\frac{d[A]}{dt}=k[A]$　$[A]=[A]_0e^{-kt}$（$[A]_0$：$t=0$のときのAの濃度）																																							
			（※） 二次反応	$\alpha+\beta+\cdots=2\longrightarrow\alpha=2,\beta=\cdots=0$ $(v=)-\frac{d[A]}{dt}=k[A]^2$　$[A]=\frac{[A]_0}{1+[A]_0kt}$																																							
				同上 $\alpha=\beta=1$ $(v=)-\frac{d[A]}{dt}=k[A][B]$　$\frac{[A]}{[B]}=\frac{[A]_0}{[B]_0}e^{(\alpha[A]_0-\beta[B]_0)kt}$																																							
$\log_e k$と$\frac{1}{T}$のグラフ			化学反応と触媒 活性化エネルギー	アレニウスの式：$k=Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$　⟹　$\log_e k=-\frac{E_a}{kT}+\log_e A$ （E_a：活性化エネルギー，k：反応速度定数）																																							
アンモニアを成単と温度、圧力依存		化学平衡（正反応と逆反応）	濃度平衡定数：K_C	$aA+bB\rightleftarrows pP+qQ+\cdots$ $K_C=\frac{[P]^p[Q]^\cdots}{[A]^a[B]^b\cdots}$　$[(mol/L)^{(p+q+\cdots)-(a+b+\cdots)}]$																																							
			圧平衡定数：K_p	$K_p=\frac{p_P{}^p\cdot p_Q{}^q\cdots}{p_A{}^a\cdot p_B{}^b\cdots}$　$[p_a^{(p+q+\cdots)-(a+b+\cdots)}]$　（$p_a,p_B\cdots$はA,Bの分圧）																																							
			K_CとK_pの関係式	$K_p=K_c(RT)^{(p+q+\cdots)-(a+b+\cdots)}$　$[p_a^{(p+q+\cdots)-(a+b+\cdots)}]$																																							
			化学平衡とその移動 ルシャトリエの原理（平衡移動の原理）	温度を増加⇒増やした物質の温度が減る向きに平衡移動 圧力を高⇔気体の総物質量が減る向きに平衡移動 温度を上げる⇒吸熱反応に向きに平衡移動 ⇒平衡移動は平衡定数を用いて説明可能																																							
			ハーバー・ボッシュ法	アンモニアの工業的製法　水素＋空気中の窒素＝＞アンモニア																																							
			電離平衡 電離定数	酸の電離定数：$K_a=\frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$ 塩基の電離定数$K_b=\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$																																							
			水素イオン指数	水のイオン積：$K_w=[H^+][OH^-]=1.0\times10^{-14}(mol/L)^2$　(25℃) $pH=\log_{10}\frac{1}{[H^+]}=-\log_{10}[H^+]$　　$pH+pOH=14$																																							
			弱酸や弱塩基のpH	濃度(弱酸：c，弱塩基：c')，電離度：$\alpha\ll1$の場合 弱酸…$\alpha=\sqrt{\frac{K_a}{c}}$　$[H^+]=c\alpha=\sqrt{cK_a}$ 弱塩酸…$\alpha=\sqrt{\frac{K_b}{c'}}$　$[OH^-]=c'\alpha=\sqrt{c'K_b}$																																							
			多価の酸の電離とpH	$K_1=\frac{[H^+][HA^-]}{[H^+A]}$　$[H^+]\fallingdotseq\sqrt{cK_1}$ $pH=-\log_{10}[H^+]=-\log_{10}\sqrt{cK_1}=-\frac{1}{2}\log_{10}cK_1$																																							
滴定曲線			緩衝液と緩衝作用	$[H^+]=\frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}\times K_a=\frac{c_a}{c_b}\times K_a$　⇒pHもあまり変化しない 緩衝作用⇒少量の酸や塩基を加えてもpHがほぼ一定保たれる働き																																							
			溶解度積	$AgCl$（固）$\rightleftarrows Ag^+ + Cl^-$ 溶解度積 $[Ag^+][Cl^-]=K_{sp}$　（一定）							積一定																																
モール法による沈殿滴定			沈殿滴定（モール法）	$[Ag^+][Cl^-]>K_{sp}$ ⇒ 沈殿生じる																																							

| 図・表 | 大分類 | 中分類 | 小分類 | 詳細 | 小学算数 | | | 中学数学 | | |

俯瞰チャート③

図・表	大分類	中分類	小分類	詳細	小学算数			中学数学											高校数学														大学数学								自然科学など他分野との関連
					分数・小数	単位量、あたりの大きさ	割合・百分率	正負の数	文字式の計算	1次方程式	比例と反比例	平面図形・立体図形	合同	連立方程式	1次関数	相似な図形	2次方程式	平方根・y=ax^2	三平方の定理	標本調査	2次関数	方程式・不等式	集合と論理	展開と組合せ	整数	数列・数後	三角比・三角関数	ベクトル	複素数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数	微分・偏微分	積分・重積分	ベクトル解析	常微分方程式	偏微分方程式	代数学	確率・統計学	
	生命現象と物質	生命と物質	物質と細胞	生物を構成する物質	有機物(タンパク質、核酸、炭水化物、脂質)＋無機物(水、無機塩類)																																				
				細胞	真核生物→真核細胞、原核細胞→原核細胞 全ての細胞に共通して存在⇒細胞膜＋細胞質基質、細胞小器官																																				
					生体膜→細胞図や細胞小器官を構成する膜 吸水力=浸透圧−膨圧、浸透圧はファントホッフの法則に従う ⇔ 化学 受容的透過膜型→受動輸送(拡散、オズモシス)と能動輸送(ATPルモンプ)																																		
			生命現象とタンパク質	タンパク質	タンパク質＝アミノ酸のペプチド結合																																				
				タンパク質構造の階層	タンパク質構造の階層→二次構造、三次構造、四次構造 ⇔ 化学																																				
酵素反応の速度と温度 酵素反応の速度とpH				酵素	基質特異性、酵素＝基質複合体(E-S複合体)、最適pH、最適温度 酵素反応の速さ ⇒ $v = \frac{V_{max}[S]}{K_m + [S]}$ 1S+1(S)エリスメンテリ=のエ ⇔ 化学 (※)																																						
基質濃度と反応速度 酵素濃度と反応速度				酵素反応とその阻害	酵素活性、競争的阻害(競合物)、非競争的阻害(フィードバック阻害、アロステリック酵素)、補酵素																																						
酸素解離曲線				体液	溶媒性(ホメオスタシス)、血液、リンパ液、血漿凝固、補液(フィブリン溶解)、尿の生成 機能単一部分の調度→高レムラの調度																																						
				タンパク質の様々なはたらき	情報伝達、運動、細胞認識、免疫などにもかかわっている																																						
				免疫	自然免疫→ TLR(自然受容体(TLR)) 獲得免疫→ 体液性免疫→抗原抗体反応 細胞性免疫→免疫記憶																																						
抗原の遺伝量の時間変化図				免疫記憶	一次応答、二次応答、ツベルクリン反応、ワクチン																																				
				抗体	抗体の構造→免疫グロブリン=抗体と認識さまざま。計4本の鎖状の部位より構成 ⇔ 抗体の多様性 エピトープ(抗原決定部位)、抗体の遺伝子は2種類、かつ4つ、それぞれ2、1鎖をつくる!→再編成により多様な抗原に対応可能(一例要川遺伝によりやしくみが解明)																			抗体の多様性																	
		代謝	代謝とエネルギー	同化	単純な物質から複雑な物質を合成する→ 光合成、窒素同化 etc																																				
				異化	複雑な物質を単純な物質に分解する → 呼吸、発酵 etc																																				
					ATP(アデノシン三リン酸)⇔ADP(アデノシン二リン酸) ATP→ADPに分解されると、大きなエネルギーが放出																																					
					NAD^+、FAD、$NADP^+$ の酸化/還元反応 ← 酸化と還元(酸化数)																																					
呼吸の過程の図 (呼吸の全体の反応)			呼吸	呼吸	呼吸は次の3つの反応過程で進行する。 **解糖系 → クエン酸回路 → 電子伝達系** $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O$ +エネルギー（最大38ATP）																																						
				解糖系	$C_6H_{12}O_6 + 2NAD^+ \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2(NADH+H^+)$ +エネルギー（2ATP）																																					
				クエン酸回路	$2C_3H_4O_3 + 6H_2O + 8NAD^+ + 2FAD$ $\rightarrow 6CO_2 + 8(NADH+H^+) + 2FADH_2 +$ エネルギー（2ATP）																																					
				電子伝達系	$10(NADH+H^+) + 2FADH_2 + 6O_2$ $\rightarrow 10NAD^+ + 2FAD + 12H_2O$ +エネルギー（最大34ATP）																																					
				発酵と解糖	発酵(A)、(筋肉における)解糖(B)、呼吸(C)の比較 グルコースからピルビン酸までの分解の過程はABC共通。ところがC2は二酸化炭素と水まで分解されるが、ABではエタノールや乳酸までしか分解されない。																																					
					呼吸基質→呼吸によって分化される物質(炭水化物、脂肪、タンパク質) 呼吸商=排出物(二酸化)/吸収物(酸素)、$C_6H_{12}O_6$の呼吸商は1、$(C_3H_4O_3)_n$ ←呼吸基質を推測できる																																						
CO2の吸収速度 vs 光の強さ 光合成速度 vs CO2濃度 光合成速度vs光の強さ・温度			光合成	光合成	・光合成と酸素量=反応速度や生物の活性を制限する要因 ・光合成速度＝見かけの生命成長度＝呼吸速度、光補償点、光補償点、種性直物、陽性植物																																						
植物スペクトル吸収スペクトル					生命成長度→クロロフィルもクロロイドもC/L、吸収スペクトルと作用スペクトル																																						
光合成の過程の図 (光合成の全体の反応)				チラコイドで起こる反応	光合成は次の2つの過程で進行する→ **チラコイド**で起こる反応と**ストロマ**で起こる反応 $6CO_2 + 12H_2O + 光エネルギー \rightarrow 光合成物質(\triangle H_2O) + 6H_2O$																																						
					光化学系Ⅰと光化学系Ⅱ(光化学反応Ⅱ→光化学反応Ⅰ) →光リン酸化によるATPと、NADPHの合成																																						
				ストロマで起こる反応	カルビン・ベンソン回路→光を必要としない(過去には、「暗反応」と呼ばれた)																																					
			窒素代謝		窒素固定、窒素同定、脱窒																																				
		遺伝現象と物質	遺伝情報とその発現		DNAとRNA、スクレオチド、DNAの二重らせん構造→相補性(A2T、G2C)、DNAの方向性(5'側:末端、3'末端)																																						
しみ図解 (カートーン)				DANの複製のしくみ	半保存的複製、DANポリメラーゼ(DNA合成酵素)、DNA複製の分子メカニズム、DNAの修復																																						
				遺伝子の発現	・遺伝子の発現: DNAの情報をもとにしてタンパク質が合成、転写→翻訳(セントラルドグマ) ・転写のしくみ→RNAポリメラーズ /RNAの種類(mRNA,tRNA,rRNA)、(原核的)スプライシング、遺伝暗号→コドン(遺伝暗号)、トリプレット、開始コドン(AUG)と終結コドン(UAA,UAG,UGA)																																						
				遺伝情報の安定化	突然変異→染色体の数=その構成、DNA修復原則に変化、それにより形質が変わる現象 塩基配列の変化では、インシュリン原発変異エスケシン変異変異、フレームシフト突然変異																																						
		遺伝子の発現調節		原核生物における遺伝子発現の調節	調節遺伝子→プロモーター(転写が開始される領域)、調節タンパク質、調節領域 オペロン、オペレーター ラクトース代謝における転写調節、トリプトファン代謝における転写調節																																						
				真核生物における遺伝子発現の調節	転写の開始→基本転写因子 ホルモンの役割の変化、ホルモンによる転写の調節																																						
		バイオテクノロジー			・遺伝子を扱った技術(遺伝子組換え)・・・ 制限酵素プラスミドPCR法電気泳動 ・遺伝子機能の解析→DNAマイクロアレイ、次世代シークエンサーメタゲノム解析、トランスジェニック生物(遺伝子組換体等)、アグロバクテリウム、ノックアウトマウス、ゲノム編集、RNAi(RNA干渉) ・ゲノムの多様性とその応用→ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)、遺伝子診断、遺伝情報の管理、オーダーメイド医療、薬の製造-遺伝子治療、DNA塩基度(マイクロサテライト)																																							
	生殖と発生	有性生殖と染色体の分配	有性生殖	有性生殖と無性生殖	有性生殖→2種類の細胞が合体することにより、新しい個体が生まれる生殖法 無性生殖→分裂や出芽、栄養生殖のように個体が一部から子を個に分離法																																						
				染色体と遺伝子	染色体→相同染色体2対=倍数個の染色体の数2n=46本(常染色体44本、性染色体:上本) 遺伝子と染色体型→遺伝子優、対立遺伝子(有性遺伝子、劣性遺伝子)、遺伝子型(ホモ接合体、ヘテロ接合体)																																						
				減数分裂	減数分裂(第1分裂=第2分裂)により、核相は複相(2n)→単相(n)となって、配偶子ができる。 相違点が重要!!、核相は単相(n)→複相(2n)と元に戻る。 減数分裂における染色体の分配→第1分裂(2n→n) ⇒ 第2分裂(nの子) 減数分裂における遺伝子の組換え→外的により相同染色体がニ染色体→キアズマ、乗換え(交差) 減数分裂におけるDNA量の変化→相対値2→4→2→1、受精によって(1)の体細胞に戻る 有性生殖における遺伝的多様性→相同染色体の分配、遺伝子の組換え、受精による																																							
			遺伝子の多様な組み合わせ		染色体における遺伝子の位置→連鎖と独立 連鎖→1本の染色体に複数の遺伝子が存在 ノ 独立→異なるnつの遺伝子が異なる染色体に存在																																						
染色体地図 三点交雑法 検定交雑					完全すなるnつの遺伝子が独立である場合→ 完全すなるnつの遺伝子(AaBb)が独立の関係→組換わり遺伝子型は4種類(AB、Ab、aB、ab)は均等、すなわち、AB, Ab, aB, ab =1:1:1:1																																							
					完全すなるnつの遺伝子が連鎖して場合→(「完全連鎖の場合」AaTM、aaTM)「完全(連)連鎖」で、染色体の乗換えが起こらないとき、AM:aaTM=1:1 完全遺伝子の組換えが決る場合(不完全連鎖の場合)→遺伝子の組換えが起こった配偶子の割合＝組換え個(%)＝(組換えの起こった配偶子の数＋つくられたその配偶子の数)×100				組換え値																																			
		動物の生殖と発生	動物の配偶子形成と受精		精子の形成 卵の形成																																				
				動物の受精	体外受精と体内受精 ウニの受精																																				
			初期発生の過程	卵割と初期発生	発生→受精卵が、複雑な構造をもつ成体へと変化していく過程 ウニの発生 カエルの発生																																						
				発生のしくみ	ウニ卵の細胞質 カエルの背腹方向																																						
原基分布図(予定運命図)				形成体と誘導	・誘導→ 何の特定部分が、その近くの未分化の細胞群に作用して特定の期間への分化を促すはたらき 形成体(オーガナイザー)・・・誘導のはたらきをもつ部分 ・誘導の連鎖・・形の分化の連命は同時に決定されるのではなく、最初に分化の運命が決まった部分が新たな形成体となって、ほぐ次の中の領域に未分化の部分を誘導して、新しい器官がつくられていく																																							
mRNAの運度知図(未図解図) タンパク質の濃度知図(受精図)				シュウジョウバエの体節の形成	シュウジョウバエの体節の形態形成→ホメオティック突然変異(ホメオティック遺伝子) シュウジョウバエの胚の成長化→分泌遺伝子(ギーマ遺伝子、ペアルール遺伝子、セグメントポラリティ遺伝子)																																							
				アポトーシス	プログラム細胞死→ある段階で死ぬように予定されている細胞死																																					
				発生の研究の進展と技術の革新	クローン動物 幹細胞																																					
					ES細胞(胚性幹細胞) iPS細胞(人工多能性幹細胞) } → 再生医療																																						
		植物の生殖と発生	被子植物の受精	花粉と胚のうの形成	花粉の形成→大きな花粉母細胞(2n)とからな雄原細胞(n) 胚のうの形成→胚嚢(n)×2、反足細胞(n)×3、胚細胞(n)×2																																						
				重複受精	雑性の一方が胚性(原細胞の核と融合して受精卵の核)(2n)、もう一方の雑核は中央細胞の2個の核核と融合し、胚乳核(3n)となる。 ⇒ 被子植物では、ほぼ同時期にこの時で核が融合する																																						
			胚と種子の形成	胚の形成	受精卵は分裂を繰り返して胚を形成																																				
				種子の形成	有胚乳種子と無胚乳種子																																				
			植物の器官形成	栄養器官の形成	茎と葉の形成→側芽、花芽 根の形成→根冠																																				
				栄養器官の形成と遺伝子制御	ABCモデル→A B Cの3つのクラスの遺伝子の組み合わせによって調節 ⇔ A A+B、B+C、C																			抗体の多様性																	
糖鎖応答図、 摂食図の分布 摂食図の反応収率	生物の環境応答	刺激の受容と反応	刺激の受容		神経系を介する情報の流れ ・・・ 刺激→受容器→効果器 感覚→情報図(眼球図)→脳図(脳図)、特徴点の抽出 物覚→聴覚器官、平衡覚 ・・・ 嗅覚やその他の感覚→皮膚感覚、嗅覚、味覚																																							
			神経		静止電位(-60mv→-90mv)と活動電位(+40mv程度)、活動電位の発生のしくみ→Naチャネルと2種類のKチャネル 伝達→神経細胞内で興奮(活動電位の変化)が伝わっていくこと、全か無の法則、有髄神経線維、無髄																																						
			神経系		神経系の成り立ち → 中枢神経(脳と脊髄)と抹消神経(体性神経系と自律神経系) ヒトの脳と脊髄 : 大脳、小脳、間脳、延髄																																						
			効果器		筋肉→骨格筋(骨格筋と心筋)と平滑筋、 星状細と胞隣、骨格筋の構造、骨格筋の収縮のしくみ(すべり説)、骨格筋の収縮機構、筋収縮のプレクチン説 その他の効果器→腺ちと腺(ペルノ ち																																							
		動物の行動 (自発的行動＋中枢行動)	生得的行動 (遺伝的プログラムによって決まっている行動)		小学習図(ハ ・ebbinghaus)による行動→記憶的である刺激を受けて常に安定した行動を示す場合の刺激安化(刺激からの特定の刺激)に対して、特定の方向に向かって反応する行動)に関わる行動 ①走性・・正の走性、負の走性 ②フェロモン・性フェロモン、集合フェロモン、警報フェロモン、道しるべフェロモン ③先天的を利用した行動 ④太陽を利用した行動・・円形ダンス、8の字ダンス ⑤太陽コンパス																																							
			学習行動 (実現したは所期ちとして行う知覚による行動)		①慣れと脱慣化・・慣れ、脱慣れ、脱慣化 ②条件づけ・・古典的条件づけ、オペランド条件づけ ③試行錯誤と知的行動、洞察																																						
		植物の環境反応	植物の一生と植物ホルモン		1.刺激の受容・・光受容体として、フォトクロム(主に赤色光や遠赤色光を受容)、 クリプトクロムとフォトロピンは主に青色光を受容)が知られている。 2.植物ホルモン・・オーキシン、ジベレリン、サイトカニン、ブラシノステロイド、アブシシン酸、エチレン、フロリゲン、ジャスモン酸																																							
			発芽と成長の環境反応		1.発芽・・発芽と種物ホルモン、発芽と光、フォトクロム 2.屈性・・正の屈性と負の屈性、屈性とオーキシン、オーキシンンの極性移動,重力屈性とオーキシンの移動、重力屈性における刺激受容、光屈性における刺激受容 3.分化・・オーキシンとサイトカニン 4.成長・・光による成長調節,オーキシンによる成長調節、シベレリンにおける成長調節、頂芽優性 5.運動・・傾性(光傾性、温度傾性、接触傾性)																																							
			花芽形成の環境応答		1.光周性・・短日植物、長日植物、中性植物 2.花芽形成と開花時期・・長日処理、短日処理 3.花芽形成とフロリゲン(花成ホルモン) 4.花芽形成と温度・・春化、春化処理																																						
			花や果実の成長と老化		1.果実の成長・花芽や葉の老化 ・ 2.落葉・落果 ・ 全体図																																						
3種類の光受容体の 吸収スペクトル			光受容体と植物ホルモンのはたらき		1.光受容体・・ フォトクロム、クリプトクロム、 フォトトロピン 2.植物ホルモン・・一つの植物ホルモンが様々な器官にはたらき、また同じはたらきを示す植物ホルモンが複数ある																																						

図・表	大分類	中分類	小分類	詳細	小学算数		中学数学										高校数学												大学数学							自然科学など他分野との関連
					分数・小数	単位量・あたりの大きさ	割合・百分率	正負の数	文字式の計算	1次方程式	比例と反比例	平面図形・立体図形	合同	連立方程式	1次関数	相似な図形	2次方程式	平方根・y=ax^2	三平方の定理	標本調査	2次関数	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数	数列・級数	三角比・三角関数	ベクトル	複素数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数	微分・積微分	積分・重積分	ベクトル解析	常微分方程式	偏微分方程式	代数学	確率・統計学	
	生物の進化と系統	**生物の進化**	**生物の起源と生命の変遷**	化学進化…無機物から有機物が生成され、原始的な生物の誕生を可能にした過程 (原始大気 → 簡単な有機物 → 複雑な有機物 → 生命の誕生)																																		進化(遺)学 (古生物学)
				生命誕生と進化…代謝する動力、膜の誕生、自己複製系の誕生(RNAワールドからDNAワールドへ)																																		
			生物界の変遷と地球環境の変遷	地質時代…先カンブリア時代→古生代→中生代→新生代 原始生物の進歩…原核生物(オーストラリアの化石)、真核生物(ガリバニアの化石)																																		
				光合成生物の出現…化学合成最近から光合成細菌へ、地球環境を一変させたシアノバクテリアの出現																																		
				海中での多様化…多細胞の進化(エディアカラ生物群)、カンブリア紀の爆発的進化(カンブリア大爆発)																																		
				陸上への進出…オゾン(O3)層の形成、植物(クックソニア→種管束植物→種子植物(裸材は種子植物)、魚類→両生類(イクチオステガ)→は虫類																																		
				被子植物と 比較生態の多様化…地球最大の絶滅(大量絶滅)、生物の種類の激変																																		
				被子植物と哺乳類の多様化…共進化(複数の種類の生物が互いに共存や繁栄に影響を及ぼし、強いられる進化を共進化																																		
			人類の起源と進化	重炭酸の誕生→重炭酸の進化と特徴、人類の誕生																																		
				人類の進化…ホモサピエンス																																		
		進化とそのしくみ	**進化の証拠**	化石が示す証拠…化石(示準化石と示相化石)と相対年代、連続的な進化(アンモナイトなど)と中間型の化石(始祖鳥)、生きている化石、古細化石																																		
				形態の比較…適応、無性、相同器官(相同器官、疑似器官、適応放散(1つの系統がさまざまな生態環境に適応して多数の系統に分岐すること)と収れん(異なる系統の生物が、同じような環境への適応																																		
				営巣代謝の比較…アンモニア放出型(魚類、両生類の幼生)、尿素放出型(両性類の成体)、尿酸排出型(鳥類、は虫類)																																		
				分子レベルの比較…アミノ酸配列やDNAの塩基配列の類似性が高い → 類縁が近い生物																																		
			生物の進展と進化 進化のしくみ	ダーウィン…自然選択or自然淘汰の原理 遺伝の進展…突然変異、倍数体と位数体																																		
			集団の遺伝的構成の変化	遺伝子頻度の変化…遺伝子プール、遺伝子頻度 **ハーディー・ワインベルグの法則**⇒ 交配が自由で任意交配集団では、次世代の遺伝子頻度は変化しない 対立遺伝子 A と a の頻度 : $p, q\ (p+q=1)$ 次世代 $AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$ A の遺伝子頻度 $= 2p^2 + 2pq = 2p(p+q) = 2p$ a の遺伝子頻度 $= 2pq + 2q^2 = 2q(p+q) = 2q$ 遺伝子頻度の割合 $A : a = 2p : 2q = p : q$																																				
				遺伝的浮動…偶然による遺伝子頻度の変動 分子進化と中立説…分子時計 分子進化の速度																																		
			適応と種分化	自然選択… 安定化選択,方向性選択, 分断選択 小進化…種分化(地理的隔離)、小進化、大進化、性選択(性淘汰) ダーウィンフィンチの変位と適応 変異と地理的分布 突然変異と柔軟耐性																																		
			高次の進化	→ 進化発生学(エボ・デボ、Evo−Devo)…Hox遺伝子																																		
系統樹		**生物の系統**	**生物の分類と系統**	生物の分類 …一定の方法に従って生物に名前を つけ整理すること 分類の方法…学名,分類の階層(種・属・科・目・綱・門・界・ドメイン) 分類と系統…系統と系統樹,系統の推定法(相同と相似),祖先形質と子孫形質,分子系統樹(最節約法, クラスタリング)										分子系統樹																									
			界とドメイン	五界説…二界説, 三界説, 五界説, 3ドメイン説…最近(バクテリア)ドメイン, 古細菌(アーキア)ドメイン, 真核生物ドメイン																																		
			細菌(バクテリア)ドメイン	原核生物の多くが含まれる																																		
			古細菌(アーキア)ドメイン	好熱菌, 好酸菌, 好塩菌 etc																																		
			真核生物ドメイン 原生生物	原生動物, 変形菌, 鞭毛, 繊毛, 藻類, 藻類の系統																																		
			植物	コケ植物, シダ植物, 種子植物(裸子植物と被子植物)																																		
			菌	ツボカビ菌, 接合菌類, グロムス菌類, 子のう菌類, 担子菌類, 地衣類																																		
			単純な構造の動物 出口動物 新口動物 脊椎動物	一海綿動物門, 刺胞動物門 一三胚葉動物のうち,多くのもの 一三胚葉動物のうち,無脊椎動物門や脊索動物門で、これらの門はDNAの塩基配列でも同じ系統 一脊椎動物のさらに下の門のうち、脊椎をもつ動物で脊椎動物亜門																																			
空間分布の3つの型	**生態と環境**	**個体群と生物群集**	個体群とその変動 個体群	個体の分布 …集中分布, 一様分布, ランダム分布 生物拡散 … 拡散方程式 $\frac{\partial n}{\partial t} = D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2}$ $n(x,t) = (N/\sqrt{4\pi Dt})\exp(-x^2/4Dt)$ **(発)**																																				
				個体群密度…個体群の大きさ、単位空間あたりの個体数で示したもの ・区画法(方形枠法)→植物や動きの鈍い動物 ・全個体数=区画内の個体数 × (生息地の面積 / 区画の面積)→個体群がランダム分布 ・標識個体数/全個体数X=2度目の捕獲での標識個体数/2度目の捕獲個体数 よりXを求める。 T.標識再捕法(動き回る動物の個体群密度)																																			
				個体群密度の変動…比較的安定することもあるが、常に変動している																																		
成長曲線(S字状曲線、シグモイド曲線)			個体群の構造	個体群の成長…成長曲線(S字状曲線、シグモイド曲線)、環境収容力 (ロジスティックの方程式: $\frac{dN}{dt} = r\left(1 - \frac{N}{K}\right)N$ (N:個体群密度, r:増加率, K:環境収容力) ⇒ $N(t) = \frac{K}{1+\frac{K-N(0)}{N(0)}e^{-rt}}$ $(N(0) = N_0)$ **(解)**																																			
				密度効果…個体密度の上昇は、個体群密度の変化に伴って、個体群の性質が変化すること ・動物の密度効果→幼変異、静生相(高密度時に出現)⇔孤独相(低密度時に出現)																																		
個体群の構造				・植物の密度効果→最終収量一定の法則 齢構成…年齢ピラミッドの3つの型 ⇔ ピラミッド型(幼若型)、つりがね型(安定型)つぼ型(老齢)																																		
生命表				生命表…時間とともに生存個体数が減少していくようすを示した表																																		
生存曲線(3つの型)				生存曲線…生命表をグラフにしたもので、3つの型がある ⇔ A(a)型, B(b)型, C(c)																																		
維持Nの大きさが決まる概念図			**種内関係** 群れとその効果	群れの大きさ…群れることによる利益と、それによって発生する不利益のバランスによって決まる																																		
			縄張り	・行動圏…動物が行動する範囲であるが、防衛されない空間 縄張り(テリトリー)…行動圏の中で、同種他個体の侵入から防衛される特定の範囲 縄張りの最適な大きさ ⇔ 利益と労力の差が最大																																		
つがい(個体数と生息環境)				つがい関係…乱婚制(寿死型の生存戦略)、一夫多妻制、一夫一婦制(晩死型や死亡率一定の生存曲																																		
			動物の社会	共同繁殖…利他行動、ヘルパー 順位制…群れの中で、強い個体と弱い個体の間にできる優劣の関係 リーダー性 社会性昆虫…コロニー、カースト制																																		
			種間関係 捕食者と被食者	捕食者一被食者相互関係(食う-食われるの関係)⇔捕食者と被食者との間に一定の周期をもった密度変化が生じる																																		
				間接効果…ある種の食う-食われる関係によって、その別の種の個体数の増減に影響を与える 適応…保護色, 警告色, 擬態 共生…異なる種間の生物が直接なつながりをもって生活すること。 相利共生と片利共生																																		
				ロトカ−ボルテラの種間競争式−ロジスティック方程式を拡張(連立常微分方程式) $\frac{dN_1}{dt} = r_1\left(1 - \frac{N_1 + \alpha_{12}N_2}{K}\right)N_1$ $\frac{dN_2}{dt} = r_2\left(1 - \frac{N_2 + \alpha_{21}N_1}{K}\right)N_2$ $(N_1, N_2$: 種1と 種2の個体群密度$)$ $(\alpha_{12}$ 種2から 種1への 競争係数$)$ $(\alpha_{21}$ 種1から 種2への 競争係数$)$ アイソクライン分析 **(解)**																																				
		生物群集とその構造 生物群集		生物群集=ある一定の地域に生息するいくつもの種の個体群の集まり 植物群集=同じ場所に生育する複数の植物個体群の集まり、 優先種																																		
			食物連鎖	食物連鎖⇒食う-食われるの関係がスキのつながっていること、 キーストン種 生産連鎖=食物連鎖のうち、生きている植物から始まる食物連鎖 腐食連鎖=食う屑や毒蛇、動物の遺体やふんからも、食う-食われるの関係が結いている 食物網⇒自然界における食物連鎖の関係は複雑な網目状になっている																																			
単独飼育と混合飼育の個体数の時間的推移			種間競争と生態的地位	種間競争…植物の光や水分を巡り、動物は食物やすみかを巡って、異種間で競争している ⇒ 競争排除則(競争的排除) 共存競争…間接的な相互作用 不少型競争…直接的な相互作用(i.e. 直接争う競争)																																			
				生態的地位(ニッチ)…生物群集内でみめる位置、生活空間、活動時間など ⇒生態的地位が少しずれると、多くの動物が共存可、しかし、すみ分けも可 生態的同位種																																		
		生態系	**生態系と物質生産** 環境と栄養段階	環境…非生物的環境と生物的環境(種内関係と種間関係) 作用…非生物的環境→生物的環境、 環境形成作用→生物的環境→非生物的環境																																		
				栄養段階…生産者→一次消費者→二次消費者→三次消費者→の食物連鎖の各段階 分解者…有機物を無機物に分解する生物																																		
			生態系における物質の収支	物質生産…生産者が有機物を生産するが、消費者が摂食した有機物から新たに有機物を合成すること。物質生産の大半は植物の光合成による。																																		
				植物による物質生産 ・純生産量=総生産量−呼吸量 ・成長量=純生産量−(被食量+枯死量)			収支計算																															
				動物の物質生産 ・同化量=摂取量−呼吸量 ・生産量=同化量−呼吸量 ・成長量=生産量−(被食量+死亡量)			収支計算																															
生態ピラミッド				生態ピラミッド ⇔ 個体数ピラミッド, 生物量ピラミッド, 個体数ピラミッド																																		
				エネルギー効率 ・生産者のエネルギー効率(%)=(総生産量÷入射した太陽からの光エネルギー)×100 ・動物の エネルギー効率(%)=(同化量÷前の栄養段階の同化量)×100																																		
生産構造図				生産構造図…同化量や(光合成を行う前や非同化器官(葉以外の部位等など)と空間の空間的な																																		
温かさの指数と 植物の分布				陸地と海洋の物質生産…陸界全体の総生産の約2/3は陸で、約1/3は海洋で行われている。 水界での生産…生産者は植物プランクトンがまで、その生活の場は光が十分届く表層に限定 補償深度=植物プランクトンの生合成量と呼吸量がつりあう深さ																																			
			気候とバイオーム	バイオーム(生物群系)…世界のバイオーム, 日本のバイオーム(水平分布, 垂直分布) 温かさの指数(WI)																																		
			生態系と物質多様性 種の多様性	地球上における生物の進化によって、多様な生物種が存在する。																																		
			種内における遺伝的多様性	同種でも、それぞれの個体のもつゲノムの塩基配列はすべて同じではない、この遺伝子を多様性を遺伝的多様性という。																																		
			生態系の多様性	生態系サービス…人間が受けるさまざまな恩恵																																		
			個体群の絶滅	近交弱勢…近親交配の状態が続くと、劣性で有害な遺伝子をもつ個体が出現しやすくなる。 絶滅の渦…個体サイズの減少⇒有害遺伝子の蓄積→個体群の適応度の低下→個体サイズがさらなる減少という悪循環																																			
				外来生物の影響…在来生物の絶滅を引き起こす要因のひとつ																																		
				復元と種の多様性 復元…既存の生態系やその一部を破壊するような外部要因 中規模撹乱説…復元の強さや頻度が中程度の場合に生物群集中の種数が高まること																																		

（※） 発展的 or 大学レベル以上で難易度の高い内容

俯瞰チャート④

図・表	大分類	中分類	小分類	詳細	小学算数			中学数学											高校数学												大学数学							自然科学など他分野との関連
					分数・小数	単位換算・桁たりず・大きさ	割合・百分率	正負の数	文字式の計算	1次方程式	比例と反比例	平面図形・立体図形	合同	連立方程式	1次関数	相似な図形	2次方程式	平方根・y=ax^2	三平方の定理	基本図形	2次関数	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数	数列・級数	三角比・三角関数	ベクトル	複素数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	論理代数	微分・偏微分	積分・重積分	ベクトル解析	常微分方程式	偏微分方程式	代数学	確率・統計学	
	固体地球の外観と活動	地球の観測	地球の観測	地球 ⇒ 固体地球＋大気圏　から構成 固体地球：地殻＝マントル＋外殻＋内殻，大気圏：対流圏＋成層圏＋中間圏＋熱圏 地球観測方法は（測定波，重力，地磁気，地下の熱）で調べる																																				
			重力で探る地球の内部	重力重力＝地球質量による引力（万有引力）と自転による遠心力の合力 質，重力加速度 g　　重力 $W = mg$																																			古典力学
			重力異常と地下の構造	地球の形と重力																																		
				重力の測定→単振り子（長さ l）の周期 T　　$\Leftrightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$																																		
				標準重力（正規重力）γ_0　　ある地点の重力の実測値 g g_0（フリーエアー補正）→ g_1（地形補正）→ g_2（ブーゲー補正）→ g_3'																																		
				重力補正：⇔フリーエアー補正（高度補正）→地形補正　→ブーゲー補正（ジオイド面での値に補正）																																		
				$g_1 = g + \frac{2h}{R}g$（←フリーエアー補正　$g_2 = g_1 +$ 地形補正 $= g + \frac{2h}{R}g +$ 地形補正（$\leftarrow 1\times10^{-7}m/s^2$以内） $g_3' = g_2 + 2\pi G\rho h R$←ブーゲー補正　**（密度）**																																			
				ブーゲー異常：$\Delta g_B' = g_3' - \gamma_0$　　ブーゲー異常：$\Delta g_B' = g_3' - \gamma_0$																																		
				ブーゲー異常＜0　⇔　地下に密度の小さい岩石がある フーゲー異常＞0　⇔　地下に密度の大きい岩石がある																																		
			アイソスタシー	地殻がマントルに深く入り込んだところ　⇔　地殻が受ける浮力　＝　重力																																		
				アイソスタシーとブーゲー異常の関係　⇔ 「大きな質量で重ねれば」（地殻が厚い地域では，ブーゲー異常は負																																		
			地震波で探る地球の内部	密度，固体，P波（固体 液体 気体すべて伝わる）とS波（固体のみ伝わる横波） P波の速さ V_P ＞ S波の速さ V_S 大森公式：初期微動継続時間T（sec）から震源までの距離L（km）の算出 $D = kT \quad k = \frac{V_S V_P}{V_P - V_S} \quad (k = 4 \sim 9\ km/s)$																																			物理学（弾性,摩擦,熱力学）
走時曲線				地震のマグニチュード（M）とエネルギーの関係（E）$\log_{10} E = 4.8 + 1.5M$																																		
			固体地球の層構造	地殻の厚さ4，花崗岩層が折れ曲がる地点の震央距離の算出 地殻　⇔　地殻とマントルの間に地震波速度の不連続面がある→																																			
				地球内部の圧力と密度分布は理論的にWiessner-Adamの式で計算できる。**（解）**																												連立微分方程式							
			地球内部を構成する物質	$\frac{dP(r)}{dr} = \frac{GM(r)}{r^2}\rho(r)$　$V_0'(r) - \frac{\gamma}{r}V_0'(r) = \Phi(r)$																																			
				・マントル…上部マントル（モホ不連続面から深670km）と下部マントル（深670kmから2900km） ⇔　かんらん岩質（O,Mg元素）で構成																																			
				・核　…　外核（液体 深2900kmから100kmまで）と内核（固体 深5100kmから370kmまで）⇔　外殻，内殻とも Fe，Ni で構成																												気のフーゴ・イウリウス							
地球内部の温度分布			熱で探る地球の内部	地球内部の熱源																																		
				地球内部の温度分布																																		
				地殻熱流量 ⇔地下増温率×岩石の熱伝導率 熱流量は，大陸地域や高温付近で小さく，海嶺（マントル上昇部）で大きい																																		
			地磁気で探る地球の内部	地磁気の強さ→金磁力・水平分力・鉛直分力，地磁気の向き→偏角・伏角 地磁気の三要素→（例えば）水平分力・偏角・鉛直分力分かる→金磁力・鉛直分力もわかる 地磁気の原因→ダイナモ（dynamo）理論																																			
地磁気の逆転の年表			地磁気の変化と逆転	地磁気の永年（長周期）変化→地磁気の強さや向く向きや程度にわたっての変化→永年（ダイナモ）理論磁気→火成岩や堆積岩が生成されたときにこ記録された地磁気の状態																																		
				地磁気の逆転→正帯磁，負帯磁 ⇒ 地磁気の逆転の年表																																		
			地球周辺への太陽の影響	プラズマ：太陽風，地球磁気圏，磁気圏境界面 地磁気の短期周期変化→地球の磁場や空間に，地球自転による偏角や水平分布の日変化が起こる																																			
		プレートテクトニクス	地球表面を覆うプレート	地球の表面部はかたい **リソスフェア（＝プレート）** とその下にある流動しやすい **アセノスフェア** からなるプレート⇒ 地殻＋マントル最上部，　アセノスフェア ⇒ 低速度層																																			
			プレートの構造	・海嶺→海底の大山脈：プレートの生まれてくる場所，ここからプレートの拡大が始まる ・トランスフォーム断層→断裂帯のうち海嶺軸に挟まれる ・海溝→プレートが沈み込む場所，沈み込み境界，（島）弧－海溝系																																			
			プレートの境界と海底の大地形																																			
			大陸の衝突と山脈の形成	衝突境界⇒ヒマラヤ山脈，アルプス山脈　など																																		
			地球儀の変遷	ウェゲナーの大陸移動説	パンゲア大陸，大陸移動説（1912年イッツのウェゲナー）。しかし，大陸を動かすための原動力（ex. プレート）に関して説明ができなかった　→　ウェゲナーの死後，顧みられず。																																		
			大陸移動説の復活	大陸移動説は1950年代に古地磁気学の発展で復活																																		
			海洋底拡大説とその検証	大陸移動説は海底拡大説（1960年代初めアフリカの地質学者ヘス＆ディーツ）へ発展 火山島の分布，ハワイ諸島と海底の動き（1963年以降カナダの地質学者ウィルソン） ⇒　海洋底拡大説の支持																																			
			磁気異常の縞模様	1963年イギリスのバインとマシューズ→海嶺の融部付近の海上で地磁気を測定→地磁気の強さが強いところと弱いところが縞状に交互に走る「磁気異常の縞模様」が明らかになった。																																			
太平洋での海洋底の年代と水深の関係			海洋底の年代	海洋底の年齢は，堆積物の最下部に含まれる微生石や磁気異常の縞模様を利用して調査可																																		
			プレートテクトニクスとマントルの動き	1967年イギリスのマッケンジー＆パーカー　…「プレート」という言葉が用いられた →プレートテクトニクスの出発点																																		
			プレートの発見からプレートテクトニクス	プレート運動の検証→プレートテクトニクスの成立→プレート運動の実測（VLBI，GPS）																																		
			マントルの動き	マントル対流　…　マントルは固体であるが，長いタイムスパンでは非常に伸っくりとした流体と，対流していると考えられる。																																		
				地震波トモグラフィーの原理→地下の地震波の速度の速い部分の分布がわかる 地震波トモグラフィーからわかるマントルの動き→地震波高速異常⇒低温異常⇒マントル下降域，地震波低速異常⇒高温異常⇒マントル上昇域																																		
		地球の活動	地震	地震の分布	深発地震の分布　⇔　プレート沈み込み境界　←　深発地震面（or 和達－ベニオフ帯）																																		
				地震の起因	地震は断層運動により発生する。 観測地点に最初に到達する波は P波（縦波）　⇒　初動は「押し波」 or 「引き波」																																		
			初期分布と発震機構	押し波の領域と引き波の領域は，どの地震においても直交する2平面で区分⇒　発震機構																																		
			プレート境界地震	3種類のプレート境界　→①収束境界⇔逆断層型地震 ②拡大境界⇔逆断層型地震　③すれ違い境界⇔横ずれ断層（水平ずれ断層）と，全体まとめ断層型地震																																			
			プレート内地震	地殻の薄い部分で発生する地震，　都市の直下で起こる地震（直下型地震），活断層　など																																		
			地殻変動	急激な地殻変動	地震や火山活動に伴う地殻変動は急激なものであることが多い。電子基準点（GPSを利用）の整備により高い精度で検出されるようになった。																																			
				ゆっくりした地殻変動	地震や火山活動に伴う，目に見える地殻変動以外に，ゆっくりした地殻変動を起こる　←18年以降，水準測量や三角測量より明らかにされてきた。																																			
			地殻変動でできた地形	・隆起や沈降による地形　…　河岸段丘や海岸段丘 ・褶曲や断層による地形　…　褶曲運動や断層運動でそれぞれ生ずる。																																			
かんらん岩の熱膨張説			火山と火成活動	火山の分布	地震と同様に，多くの火山はプレート境界周辺に分布している⇒プレートテクトニクスではこうの火山帯（沈み込み帯，海嶺，ホットスポット）で火山活動を説明できる。 ・島弧の火山活動　…沈み込み帯に位置し，火山が帯状に分布→火山前線（火山フロント） ・海嶺の火山活動　…海洋底地下にあるプレートの裂け目→ブラックスモーカーやホワイトスモーカ ・ホットスポットの火山活動　…マントル深部にあって，その位置は余まり動かない																																				
			マグマの発生	地下温度の上昇や上昇によると圧力低下によって，さらにH2O（水）加わり，マントル上部のかんらん岩の一部がとけ始め（部分溶融）、可塑状態マグマ（本源マグマ）が発生																																			
			火山の噴火	一時マグマだまりに蓄えられる→圧力が十分高まってマグマが地表に噴出（噴火），水蒸気爆発																																			
			火成岩の種類とマグマの分化	火成岩の組成と分類→火山岩，深成岩の物理的・化学的性質，色指数		色指数																																
				マ（苦性長物）・SiO4 四面体，橄欖																																		
				四珪酸→単鎖構造は同じだが，イオンの割合，つまりも学組成が連続的に異なる割合をとる鉱物 マグマの分化→玄武岩マグマの組成分化作用																																			
		地球の歴史	地表の変化と地層	地表の変化と堆積物	風化	・機械的風化→地殻が物理的な作用で破壊される現象 ・化学的風化→岩石が雨水や地下水と反応して鉱物の一部がとけ出したり他の鉱物に変化する現象																																		
浸食・運搬・堆積の範囲・河川の縦断面図				地表の変化	・流水のはたらき→下方浸食と側方浸食 ・河川の縦断面→河床の構成 V 字河口から水平面積 ・堆積の地形と堆積作用→ V字谷，谷底平野，扇状地，氾濫原，三角州 ・海岸の地形→砂嘴，砂州，陸繋島（潮汐島），海岸段丘 ・風城の地形と堆積物→大陸棚，タービダイト（緩化構造）																																				
				いろいろな地形	・氷河と地形 ・地質図表と地形																																		
			堆積岩と堆積環境	・砕せつ岩…岩石が細かくなった砕せつ物からできた岩石 ・火山砕せつ岩…火山砕せつ物からできた岩石。 ・生物岩…主に生物の遺骸からできている堆積岩。石灰岩，チャート，珪藻土など ・化学岩…成分が化学的に沸騰して堆積した岩石。岩塩，石こうなど																																				
地質図，地質断面図，地質柱状図			地層の連続と不分布	地層の観察	縞状構造（ラミスラミナ／粘土薄層）／ハーフーク（波痕）／ブルムーク（泥痕）／タービダイト化石などに注目して地層を観測 ⇒ 地層が堆積した当時の環境を推定																																			
				地層の走向と傾斜	傾斜－層理面（地層面）と水平面のなす角 走向－層理面（地層面）と水平面との交線の方向																																			
				地層を調べる（フィールドワーク）	ルートマップ→地質図→地質断面図，地質柱状図																																		
火山灰層の連続・広がり条件			地質構造と変成岩	地質構造	造山帯，断層と褶曲，整合と不整合																																	
			広域変成作用	広域変成作用→広域変成岩における変成作用 広域変成岩→低温高圧型変成岩（例：輝長片岩）と高温低圧型変成岩（例：片麻岩）に区分																																			
			接触変成作用	接触変成作用→貫入した高温のマグマによって周囲の岩石が受ける変成作用 接触変成岩→ホルンフェルスはその一つ。結晶粒度差大（粒径は石灰岩が不変）のものもあった。																																			
			変成作用と条件	変成岩が できたときの温度・圧力条件は，鉱物の組み合わせを手がかりに推定可 条件：鉱物資源→ 化学組成が同じで結晶構造の異なる鉱物																																			
			地質時代の区分・時代の対比	・古生代や火山灰による地層の対比→水準生石，鍵層（key bed） ・古地磁気による地層の対比→地磁気の反転の歴史に基づいて，地層中に残された地磁気を測定する																																			
			地質年代	・絶対年代→絶対的な数値情報を明らかにすることが出来たもの ・放射性年代（絶対年代）→なから何年前どころかどこ，数値で表したもの 半減期，放射性同位体																																			
			地質時代の区分	地質時代の区分→代，紀，　世，　地質一表，表，統																																		
		地球・生命・環境の歴史	地殻の進化	プレート運動の開始	地球誕生の直後→アカルス片（最古）カナダ北部，スレーブ安定地塊 最古のプレートの成立は 造山の対象→海洋プレートが沈み込み海溝の陸側斜面の地下で付加体が形成																																			
				大陸地殻の形成 大陸の成長 超大陸の歴史	・海溝の合体と大陸の出現 ・超大陸，安定地塊（安定大陸），順依地 大陸の衝突と陸塊大陸の分裂																																			
			生命の進化	生命の誕生（太古代始め）	・最古の化石の例　…西オーストラリアのピルバラ地域から発見された約35億年前の微生物の化石																																			
			真核生物・多細胞生物の出現（原生代始め） 有骨格生物の出現（原生代末） 生物の多様化・陸上への進出（古生代） 大量絶滅後の現代生物の発展（中生代・新生代） 人類の時代	・ストロマトライト ・全体連続，大気中の酸素の蓄積，真核生物の出現，多細胞藻類の繁栄 ・ジ目ヨの中生代連続，エディアカラ生物群，オゾン層の発達 ・カンブリア紀の生物多様性，陸上への進出，陸上生物の出現と進化，古生代の終わり ・ペンノアの分裂，中生代の生物，巨大隕石衝突と絶滅，哺乳類の時代，人類の出現 ・人類の進化																																					
			長期の気候変動	過去の気候	寒冷化と温暖化のくり返し→長年の時代に推測した地層の特徴，産出化石の種類，地層の厚さの変化から推定される海水深変動などに基づいて復元																																			
			5ランゴビッチ周期	5ランゴビッチ（セルビア出身の気象学者）が発見→この周期にしたがって地地球に入射する太陽光が変化し，温暖化と寒冷化をくり返した記録が，有孔虫化石の塗の酸素同位体元素の研究で確認され																																			
		日本列島	島弧としての日本列島	日本周辺のプレート 弧－海溝系よりこの日本列島 日本列島の地質構造	・4つのプレート境界があつまる場に日本列島は位置している ⇒　太平洋プレート，フィリピン海プレート，ユーラシアプレート，北アメリカプレート ・一次山脈群の特徴，火山帯群の特徴 ・日本列島の基盤岩，日本の地質構造，東北日本の構造，新生代にできた構造																																				
			日本列島の歴史	日本の起源（原生代～古生代始め） 日本列島の成長（古生代～古第三紀） 日本列島の成立（新生代新第三紀）	・ロディニアの分裂，北米プロリア時代の大陸紀元の岩石 ・海洋ボーキ生代の付加体は変成されたが加体，海洋プレートの起源の岩石（石灰岩チャート），変成されたが付加体 ・新生代の陸のプレート，日本海の成立，新第三紀の環境，激しい地殻運動																																				

図・表	大分類	中分類	小分類	詳細	小学算数			中学数学												高校数学													大学数学								自然科学など他分野との関連
					分数・小数	平面図形・あたりの大きさ	割合・百分率	正負の数	文字式の計算	1次方程式	比例と反比例	平面図形・立体図形	合同	連立方程式	1次関数	相似な図形	2次方程式	平方根・$y=ax^2$	三平方の定理	標本調査	2次関数	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数	数列・級数	三角比・三角関数	ベクトル	複素数平面	微分・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数	微分・偏微分	積分・重積分	ベクトル解析	常微分方程式	偏微分方程式	代数学	確率・統計学	
	大気と海洋	大気の構造	大気圏	大気の組成→窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素、水蒸気 大気の熱力学的方程式＋状態方程式 $\left.\begin{array}{l}dp=-\rho g\,dz\\ pa=RT\ (\text{or}\ \ p=\rho RT)\end{array}\right\}\Rightarrow p=p_0\exp\left(-\int_0^z\frac{g}{RT}dz\right)$ （※） 大気圏の層構造 下層から上層に向かって、対流圏、成層圏、中間圏、熱圏に区分される 気温と気圧 対流圏と大気境界層　　対流圏界面(圏界線)、逆転層 成層圏とオゾン層→成層圏界面 中間と熱圏→中間圏界面、電離圏(電離層) 大気の観測 地表での観測→気温レーダー、アメダス(AmeDAS) 高層気象観測→ラジオゾンデ、大気レーダー、ウィンドプロファイラ 気象衛星による観測→静止気象衛星(赤道上空35800km)、可視画像、赤外画像、水蒸気画像 →極軌道気象衛星(高度約850km) 気象予報と天気図 天気図(地上天気図)と高層天気図)、等圧線、等温 高層天気図(等圧面天気図)→気圧の場合、気圧の谷																																							
地球・圏界線・緯度と圏内の大気の変化			雨と雲 新聞変化	氷の状態変化と潜熱→蒸発熱、凝縮熱など　状態変化に伴う熱を潜熱という。 飽和水蒸気→飽和水蒸気の状態(水蒸気)　飽和水蒸気量→飽和水蒸気量の温度の関係の変化 飽和水蒸気量→約1℃:100m、温度飽和水蒸気量→約0.5℃:100m 大気の安定性 ・・・絶対安定、絶対不安定、条件つき不安定																																							物理学(熱力学)
水蒸と水蒸の飽和水蒸気圧の違い				雲の発生→雲の高さは露点温度と温度の差で決まる 雲の発生と種類 雲の高さ(雲底)＝125(T−Td)　T:地表の温度、Td:露点温度、H:持上凝結高度(m)　（※） 雲の発生と種類 雲の高さの三角測量→正確な定規などを使って雲の高さを測定する フェーン現象→大気の変質現象																																							
地球のエネルギー収支			地球のエネルギー収支 放射平衡	雲の発生と種類 雲→凝結核→露点核、凝結核の2　状態変化に伴う熱を潜熱という。 雲の発生と種類 霧→霧の発生→放射霧、水蒸気 霧の発生と種類 霧→霧の発生→蒸発霧、霧の発生→移流霧

俯瞰チャート⑤

【参考】 機械工学の4力学：機械力学，材料力学，熱力学，流体力学 ／土木工学の3力学：構造力学，水理学，土質力学（地盤力学）

大分類	中分類	小分類（詳細）	中学数学		高校数学														大学数学												
			変数の関係	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列・級数	三角関数	ベクトル	複素数・音楽平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	微分・偏微分	積分・重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・標本調査	特殊関数
Ⅰ．古典力学（ニュートン力学）																															
質点の力学 ⇒ （一部）機械力学	変位・速度・加速度	$\boldsymbol{v}=(v_x,v_y,v_z)=\frac{d\boldsymbol{r}}{dt}=\left(\frac{dx}{dt},\frac{dy}{dt},\frac{dz}{dt}\right)$ ，$\boldsymbol{a}=(a_x,a_y,a_z)=\frac{d\boldsymbol{v}}{dt}=\frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2}=\left(\frac{d^2x}{dt^2},\frac{d^2y}{dt^2},\frac{d^2z}{dt^2}\right)$																												
	ニュートンの運動方程式（第2法則） －力の定義と微分方程式の2側面－	力の定義＝質量×加速度: $\boldsymbol{F}=m\boldsymbol{a}$ ⇔ 微分方程式: $m\boldsymbol{a}=\boldsymbol{F}$																						2階線形常微分方程式							
	適用事例①－ 自由落下、放物運動	$m\frac{d^2y}{dt^2}=\pm mg$ ⇒ $y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ ，$y=-\frac{gx^2}{2v_0^2\cos^2\theta}+\tan\theta\cdot x$																						2階線形常微分方程式							
	適用事例② － 単振動、単振り子	$m\frac{d^2x}{dt^2}=-kx$ ，$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\sin\theta$ ⇒ $x=A\cos(\omega t+\alpha)$ ，$\theta=\theta_0\cos(\omega t+\alpha)$																						2階線形常微分方程式							
	適用事例③－減衰振動 ⇒ 振動力学	$\frac{d^2x}{dt^2}+2\gamma\frac{dx}{dt}+\omega_0^2x=0$ ⇒ $x(t)=Ae^{-\gamma t}\cos\left(\sqrt{\omega_0^2-\gamma^2}\,t+\delta\right)$ （$\omega_0>\gamma$ の場合）																						2階線形常微分方程式							特円微分
	適用事例④－強制振動 ⇒ 振動力学	$\frac{d^2x}{dt^2}+2\gamma\frac{dx}{dt}+\omega_0^2x=f_0\cos\omega t$ ⇒ $\lim_{t\to\infty}x(t)\to\frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2-\omega^2)^2+4\gamma^2\omega^2}}\cos(\omega t-\varphi)$																						2階線形常微分方程式							
	仕事とエネルギー	$W=\boldsymbol{F}\cdot\boldsymbol{s}=\lvert\boldsymbol{F}\rvert\lvert\boldsymbol{s}\rvert\cos\theta$ ，$\int_{t_1}^{t_2}\boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r}=\frac{1}{2}mv^2(t_2)-\frac{1}{2}mv^2(t_1)$										内積																			
	保存力とポテンシャル	$\boldsymbol{F}=-\mathrm{grad}\,U(x,y,z)$ （$rot\boldsymbol{F}=0$） ⇒ $W=\int_P^Q\boldsymbol{F}\cdot d\boldsymbol{r}=U(\mathrm{P})-U(\mathrm{Q})$																													
	力学的エネルギー保存則	運動エネルギー＋位置エネルギー＝一定 ⇒ $\frac{1}{2}mv^2(\mathrm{P})+U(\mathrm{P})=\frac{1}{2}mv^2(\mathrm{Q})+U(Q)=$ 一定																													
	ガリレイ変換（運動座標系変換）	等速度運動する座標系も慣性系 ⇒ $\boldsymbol{r}'=\boldsymbol{r}-\boldsymbol{v}t,\ t'=t$ （一定速度：$\boldsymbol{v}$）																													
	みかけのカーダランベールの原理	$\boldsymbol{F}=m\boldsymbol{a}$ ⇒ $\boldsymbol{F}-m\boldsymbol{a}=0$ i.e. 力$\boldsymbol{F}$と慣性力$-m\boldsymbol{a}$がつりあっている																													
	みけかの力②－ 遠心力、コリオリカ	$m\boldsymbol{a}'=\boldsymbol{F}+2m\boldsymbol{v}'\times\boldsymbol{\omega}-m\boldsymbol{\omega}\times(\boldsymbol{\omega}\times\boldsymbol{r})$ ← 右辺の第3項：コリオリ力、第4項：遠心力																				外積									
	中心力と角運動量保存側	中心力 $\boldsymbol{F}=F(r)\boldsymbol{r}$ の場合、$\frac{d\boldsymbol{L}}{dt}=\boldsymbol{N}=\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{F}=(\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{r})F(r)=0$ ⇒ 角運動量 $\boldsymbol{L}$ は一定																				外積									
	万有引力と惑星の運動－ケプラー第1・3法則	$\frac{d^2u}{d\theta^2}+u=\frac{mk}{L^2}$ ，$u=A\cos(\theta-\theta_0)+\frac{mk}{L^2}$ ，$r=\frac{L^2}{km}\cdot\frac{1}{1+e\cos\theta}$														円すい曲線極座標															
	万有引力と惑星の運動－ケプラー第2法則	角運動量保存：$L=mrv\sin\theta$ ⇒ $\frac{dS}{dt}=\frac{L}{2m}$																				外積									
質点系と剛体の力学 ⇒ 機械力学	質点系の運動	質点 i の運動方程式： $m_i\frac{d^2\boldsymbol{r}_i}{dt^2}=\boldsymbol{F}_i+\sum_{i\neq j}\boldsymbol{F}_{ij}$ （$i=1,2,\cdots,n$）																													
	運動量保存則と衝突問題（反発係数）	$\frac{dP}{dt}=\frac{d}{dt}(m_1\boldsymbol{v}_1+m_2\boldsymbol{v}_2+\cdots)=0$ ，$P=m_1\boldsymbol{v}_1+m_2\boldsymbol{v}_2+\cdots=$ 一定 ，反発係数：$e=-\frac{v_1'-v_2'}{v_1-v_2}$																													
	連成振動（2自由度振動系）	$m_1\ddot{x}_1=-k_1x_1+k_2(x_2-x_1)$ ，$m_2\ddot{x}_2=-k_2(x_2-x_1)-k_2x_2$																	固有値、固有振動					連立微分方程式							
	重心の運動＋重心まわりの回転	$M\frac{d^2\boldsymbol{R}}{dt^2}=\boldsymbol{F}$ ，$\boldsymbol{R}=\left(\frac{\sum m_ix_i}{M},\frac{\sum m_iy_i}{M},\frac{\sum m_iz_i}{M}\right)$ ，$\frac{d\boldsymbol{L}}{dt}=\boldsymbol{N}$																													
	慣性モーメントの計算、平行軸の定理	$I=\sum_i m_il_i^2=\int_M l^2dm\left(=\int_V\rho l^2dV\right)$ ，$I=I_G+Ma^2$																													
	剛体の静止（平衡、つり合い）状態	$\sum_i\boldsymbol{F}_i=0$ ，$\boldsymbol{N}=\sum_i\boldsymbol{r}_i\times\boldsymbol{F}_i=0$ ← 剛体のつり合いの条件																				外積									
	剛体の平面運動	$M\frac{d^2X}{dt^2}=F_x$ ，$M\frac{d^2X}{dt^2}=F_x$ ，$I\frac{d\omega}{dt}=I\frac{d^2\theta}{dt^2}=N$																													
	対称軸をもつ剛体の運動－こまの運動	オイラーの方程式 $I_i\frac{d\omega_i}{dt}-(I_k^0-I_j^0)\omega_k\omega_j=(\sum\boldsymbol{r}_i\times\boldsymbol{F}_i)_i$ ，慣性テンソル $\begin{pmatrix}I_x & -I_{xy} & -I_{xz}\\ -I_{yx} & I_y & -I_{yz}\\ -I_{zx} & -I_{zy} & I_z\end{pmatrix}$																	慣性テンソル												
弾性体の力学 ⇒ 材料力学、構造力学	フックの法則	変形の大きさ ε は外力の大きさ σ に比例する⇒ $\sigma=E\varepsilon$ （比例定数：ヤング率$\boldsymbol{E}$）	比例																												
	応力の定義	単位面積あたりの張力F/S（N/m^2）；法線（垂直）応力と接線（せん断）応力	圧力と同じdimennsion																テンソル												
	弾性係数－ヤング率E、剛性率（すれ弾性率）G、ポアソン比 ν 、体積弾性	$k=\frac{E}{3(1-2\nu)}$ ，$G=\frac{E}{2(1+\nu)}$ ，$E=\frac{9kG}{3k+G}$ ，$\nu=\frac{3k-2G}{2(3k+G)}$ ←独立なものは2個																													
	応力とひずみ ⇒ 線形の関係	応力テンソル $\begin{pmatrix}\sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz}\\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz}\\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz}\end{pmatrix}$ ；ひずみテンソル $\begin{pmatrix}\varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{xz}\\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} & \varepsilon_{yz}\\ \varepsilon_{zx} & \varepsilon_{zy} & \varepsilon_{zz}\end{pmatrix}$																	テンソル												
	多軸応力－一般化フックの法則	$\varepsilon_{xx}=\frac{1}{E}\{\sigma_{xx}-\nu(\sigma_{yy}+\sigma_{zz})\}$ ，$\varepsilon_{yy}=\frac{1}{E}\{\sigma_{yy}-\nu(\sigma_{zz}+\sigma_{xx})\}$ ，$\varepsilon_{zz}=\frac{1}{E}\{\sigma_{zz}-\nu(\sigma_{xx}+\sigma_{yy})\}$ ，$\gamma_{xy}=\frac{1}{G}\sigma_{xy}$																	テンソル												
	たわみ（まげ）－ 断面2次モーメント	基準軸（軸）に対する面積に2次モーメントを図形全体で加え合わせた（積分）したもの																													
	たわみの基本式	$\frac{d^2y}{dx^2}=-\frac{M}{EI}$ ，I：断面２次モーメント，M：曲げモーメント，EI：たわみ剛性率）																													
	ねじれ（ねじり）	円柱の一様なねじれにおいて、ねじれ角 θ はねじれモーメントLに比例する ⇒$L=N=c\theta$																													
	静定問題と非静定問題	力のつり合い条件とモーメントのつり合い条件を用いて解ける問題（静定）かそうでないもの（非静定）																	⇒有限要素法												
	モールの応力円	$\left(\sigma_{xx}-\frac{\sigma_{xx}+\sigma_{yy}}{2}\right)^2+(\sigma_{xy})^2=\left(\frac{\sigma_{xx}-\sigma_{yy}}{2}\right)^2+(\sigma_{xy})^2$ ，$\sigma_{xxx}=\frac{\sigma_{xx}+\sigma_{yy}}{2}+\sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx}-\sigma_{yy}}{2}\right)^2+\sigma_{xy}^2}$			円の方程式														主軸変換、行列対角化												
	ひずみエネルギーとその応用	カスチリアノの第1・2定理 ⇒ $P=\frac{\delta U}{\delta u}=\frac{dU}{du}$ ，$u=\frac{\delta U}{\delta P}=\frac{dU}{dP}$																													
	材料強度と破壊力学	破損基準（トレスカ&ミーゼス降伏条件）：降伏応力 $=\lvert\sigma_1-\sigma_3\rvert$ & $\sigma_i^2=\frac{1}{2}\{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2\}$																													
流体の力学 ⇒ 河川工学、土木工学	流速の場－質点の運動との相異	位置x、y、zと時刻tは同等の独立変数 ⇒ 温度場 $T(x,y,z,t)$ ，速度場 $\boldsymbol{v}(x,y,z,t)$	スカラー場ベクトル場																												
	静水力学	大気圧 $dp=-\rho g\,dz$ ⇒ $p=p_0-g\int_0^z\rho dz$ ，アルキメデスの原理（浮力）																													
	動水力学の支配方程式のテンソル表記	$\frac{\partial\rho u_i}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_iu_j-\sigma_{ij})-\rho F_i=0$																	テンソル												
	オイラー的変化とラグランジュ的変化	$\frac{DF}{Dt}=\lim\frac{\Delta F}{\Delta t}=\frac{\partial F}{\partial t}+u\frac{\partial F}{\partial x}+v\frac{\partial F}{\partial y}+w\frac{\partial F}{\partial z}=\frac{\partial F}{\partial t}+(\boldsymbol{v}\cdot\mathrm{grad})F$ ← ラグランジュ的微分																	テンソル												
	連続の方程式（質量保存則）	$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\mathrm{div}(\rho\boldsymbol{v})=0$ ⇔ $\frac{\partial\rho}{\partial t}+\frac{\partial\rho u_i}{\partial x_i}=0$																	テンソル												
	運動量保存則（コーシーの運動方程式）	$\frac{\partial\rho u_i}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_iu_j-\sigma_{ij})-\rho F_i=0$																	テンソル												
	ナビエ・ストークスの方程式 （粘性流体）	$\frac{\partial\rho u_i}{\partial t}+\frac{\partial\rho u_iu_j}{\partial x_j}=-\frac{\partial p}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left\{\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\right\}=-\frac{\partial}{\partial x_i}\left\{\frac{2}{3}\mu\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right\}+\rho F_i=0$																	テンソル												
	オイラーの運動方程式（非粘性流体）	$\frac{\partial\boldsymbol{v}}{\partial t}+(\boldsymbol{v}\cdot\mathrm{grad})\boldsymbol{v}=\boldsymbol{F}-\frac{1}{\rho}\mathrm{grad}\,p$ ⇔ $\frac{\partial u_i}{\partial t}+\frac{\partial u_iu_j}{\partial x_j}=F_i-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_i}$																	テンソル												
	ベルヌーイの法則	$P=p+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gz=\mathrm{const}$ ⇒ Torricelliの定理 ,Grahamの定理 など																													
	層流と乱流－レイノルズ数、力学的相似則	レイノルズ数：$R_e=\frac{\rho v^2l^2}{\eta vl}=\frac{\rho vl}{\eta}=\frac{vl}{\nu}$ が大きくなると層流から乱流へシフト																													
	乱流境界層	1/n乗速度分布、-5/3乗則エネルギースペクトラム（慣性小領域） など																													
	ハーゲン・ポアズイユの法則	低レイノルズ数の流れに適用（水道管や血管など） ⇒ $Q=\frac{\pi R^4}{8\eta l}(p_s-p_e)$																													
	2次元渦なし運動－複素速度ポテンシャル	$f(z)=\Phi+i\Psi$ ⇒ $u=\frac{\partial\Phi}{\partial x}=\frac{\partial\Psi}{\partial y}$ ，$v=\frac{\partial\Phi}{\partial y}=-\frac{\partial\Psi}{\partial x}$ （コーシー・リーマンの関係式）																													
	ブラジウズの第1・第2法則	速度ポテンシャル f ⇒ $F_x-iF_y=i\frac{\rho}{2}\oint_C\left(\frac{df}{dz}\right)^2dz$ ，$M=-\frac{\rho}{2}\mathrm{Re}\oint_C\left(\frac{df}{dz}\right)^2zdz$																													
波動 ⇒ 河川工学、防災工学	正弦波－ 角周波数、波長、波数	$y=A\sin\left(\omega t-\frac{x}{v}\right)=A\sin2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)$																													
	波動方程式－弦と弾性体	$\frac{\partial^2y}{\partial x^2}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2y}{\partial t^2}$ ，$\left(c=\sqrt{\frac{S}{\rho}},\ c=\sqrt{\frac{E}{\rho}}\right)$ ← c：伝播速度																							2階線形						
	波動方程式の解法	◎変数分離⇒境界条件、フーリエ級数 ◎ダランベールの解 $f(x-vt)+g(x+vt)$																													
	音波（空気の断熱圧縮・膨張）と音波の速度	$pV^\gamma=$ 一定 $(\gamma=C_p/C)$ ⇒ $v=\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}\approx331.5+0.6t$ （m/s）	1次関数																												
	水面波の伝搬速度－分散,群速度,位相速度	群速度Cgと位相速度Cpの関係 ⇒ $c_g=\frac{d\omega}{dk}=c_p-\lambda\frac{dc_p}{d\lambda}$ $(c_p=k/\omega)$																													
	浅い水と深い水における群速度	$c_g=\left(\frac{g\lambda}{2\pi}\tanh kh\right)^{\frac{1}{2}}$ ，$c_g=\frac{c_p}{2}\left(1+\frac{4\pi h}{\lambda}\frac{1}{\sinh\frac{4\pi h}{\lambda}}\right)^{\frac{1}{2}}$ ⇒浅い水：$c_g=c_p=\sqrt{gh}$ ，深い水：$c_g=\frac{1}{2}c_p=\frac{1}{2}\left(\frac{g\lambda}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$																													
																								極限						

Ⅱ．解析力学 ― ニュートン力学とは異なる代数的演算という一定の手続きで処理するアプローチ

大分類	中分類	小分類（詳細）	中学数学		大学数学																								
			変数の関係	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列・級数	三角関数	ベクトル複素数	微積数・数列数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・確率論理	特殊関数
ニュートン力学における運動方程式の形	2次元・3次元直交座標	$m\frac{d^2x}{dt^2}=F_x$ ，$m\frac{d^2y}{dt^2}=F_y$ ⇒ $m\left\{\frac{d^2r}{dt^2}-r\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2\right\}=F_r$ ，$m\left\{2\frac{dr}{dt}\frac{d\theta}{dt}+r\frac{d^2\theta}{dt^2}\right\}=F_\theta$																													
	2次元・3次元極座標	$m\left\{\frac{dr}{dt}\frac{d\theta}{dt}+\frac{d}{dt}\left(r\frac{d\theta}{dt}\right)-r\sin\theta\cos\theta\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right\}=F_\theta$ $m\left\{\frac{dr}{dt}\frac{d\varphi}{dt}\sin\theta+r\cos\theta\frac{d\theta}{dt}\frac{d\varphi}{dt}+\frac{d}{dt}\left(r\sin\theta\frac{d\varphi}{dt}\right)\right\}=F_\varphi$ など																													
ラグランジュ運動方程式	一般化座標でのラグランジュの運動方程式－保存力の場合	ラグランジアン $L=T(q,\dot{q})-U(q)$ ，$F_i=-\frac{\partial U}{\partial x_i}$ ⇒ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right)-\frac{\partial L}{\partial q_i}=0$																													
	同上 ― 保存力以外を含む場合	保存力以外の力Q'を含む場合 ⇒ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right)-\frac{\partial L}{\partial q_i}=Q'_i$																													
	一般化運動量，一般化力	一般化座標qiに共役な一般化運動量: $p_i=\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}$ ，一般化力: $Q_i=\sum_{j=1}^{n}F_j\frac{\partial x_j}{\partial q_i}$																													
	循環座標、共役な一般化運動量	$\frac{dp_i}{dt}-\frac{\partial L}{\partial q_i}=0$ $\left(\because p_i=\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right)$ で、もし $\frac{\partial L}{\partial q_i}=0$ ならば $\frac{dp_i}{dt}=0$ i.e. $p_i=\mathrm{const}$																													
	ネーター―の定理－対称性と保存則	$\sum_i\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}S_i(q,t)\right)$ は保存量 ⇒ 空間の並進対称性は運動量保存、空間の回転対称性は角運動量保存、時間の並進対称性はエネルギー保存をそれぞれ示す。																													
	束縛条件（ホロノーム系、非ホロノーム系）	一般化座標でのホロノミックな束縛条件: $f_i(q_1,q_2,\cdots,q_n,t)=0$ $(k=1,2,\cdots,l<n)$ 非ホロノミックな束縛条件: 上式に $\dot{q},\dot{q}$ を含む場合																													
変分原理	汎関数、汎関数の極値（変分）	$I[y]=\int_a^b F(x,y,y')dx$ より $\delta I=0$ i.e. 汎関数の極値を考える。																		変分											
	ハミルトンの原理 → オイラー・ラグランジュの方程式	$\delta I=0$ ，$\frac{d}{dx}\left(\frac{\partial F}{\partial y'}\right)-\frac{\partial F}{\partial y}=0$ ← オイラー―・ラグランジュの方程式																		変分											
	変分法の適用例－最速降下線（ブラキストクローン）	$I=\int_0^a\sqrt{\frac{1+(y')^2}{2gx}}dx$ の極値 ⇒微分方程式 $y'=\sqrt{\frac{x}{2a-x}}$ ⇒サイクロイド曲線																		変分											
	条件付き変分問題－ラグランジュの未定係数法（束縛条件にある力学問題）	束縛条件: $f_A(x_1,\cdots,x_{3N})=0$ $(A=1,\cdots,n)$ を付加して $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}_i}\right)-\frac{\partial L}{\partial x_i}=\sum_{A=1}^{n}\lambda_A\frac{\partial f_A}{\partial x_i}$ を解く。																													
ハミルトンの正準方程式	（解析力学における）ルジャンドル変換	$L(q_1,q_2,\cdots,q_n,\dot{q}_1,\dot{q}_2,\cdots,\dot{q}_n)$ $p_i=\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}$ ⇒ $H(q,p)=\sum p_i\dot{q}_i-L$ （ラグランジアン⇒ハミルトニアン）																													
	ハミルトニアンの定義	$H(q,p)=\sum p_i\dot{q}_i-L$ ⇔ $H=T+U$ （全エネルギー）																													
	ハミルトンの正準方程式	$\frac{dq_i}{dt}=\frac{\partial H}{\partial p_i}$ ，$\frac{dp_i}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial q_i}$																													
	リウビルの定理－相空間（q,p座標）	相空間内のある有限領域内の各点が正準方程式に従って推移する運動ではその領域の形は変化していくが、体積は不変に保たれる ⇒ 変数変換のヤコビアン J＝1																													
正準変換	正準変換－母関数 （正準変換を作り出す関数）	$\frac{dQ_i}{dt}=\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial P_i}$ ，$\frac{dP_i}{dt}=-\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial Q_i}$ ⇔ 正準変換に対しハミルトンの正準変換は不変																													
	ポアソンの括弧式	$\frac{dF}{dt}=\frac{\partial F}{\partial t}+\{F,H\}$ ，$\{F,H\}=\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial F}{\partial q_i}\frac{\partial H}{\partial p_i}-\frac{\partial F}{\partial p_i}\frac{\partial H}{\partial q_i}\right)$																													
	ポアソンの括弧式における保存量	上式で、$\frac{\partial F}{\partial t}=0$ かつ $\{F,H\}=0$ ⇒ $\frac{dF}{dt}=0$ i.e. F は保存量となる。																													
ハミルトン―ヤコビの方程式	ハミルトン―ヤコビの方程式の導出	$\frac{\partial W(q_1,\cdots,q_n,\alpha_1,\cdots,\alpha_{n-1},t)}{\partial t}+H(q_1,\cdots,q_n,\frac{\partial W}{\partial q_1},\cdots,\frac{\partial W}{\partial q_n},t)=0$																													
	ハミルトン―ヤコビの方程式の解法－変数分離法	$W=S(q_1,\cdots,q_n)+\Theta(t)$ ⇒ $W=S(q_1,\cdots,q_n,E,\alpha_1,\cdots,\alpha_{n-1})-Et$																													

Ⅲ．熱力学 ― 古典力学（ニュートン力学）、古典電磁気学と並ぶ古典力学の1分野

大分類	中分類	小分類（詳細）	中学数学		大学数学																								
			変数の関係	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列・級数	三角関数	ベクトル複素数	微積数・数列数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・確率論理	特殊関数
理想気体	状態方程式 $f(p,V,T)=0$	$pV=nRT$ （p：圧力、V：体積、R:気体定数、n：モル数）																													
実在気体	ファン・デル・ワールスの状態方程式	$\left(p+\frac{an^2}{V^2}\right)(V-nb)=nRT$ ，臨界点Cでは $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T=\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_T=0$																		全微分											
	ビリアル展開	$pV=nRT\left(1+\frac{B}{V}+\frac{C}{V^2}+\cdots\right)$ ，係数 $B,C,\cdots$ を第2,第3,… ビリヤル係数という。																													
気体分子運動論	気体の圧力、気体分子の運動エネルギー	$pV=\frac{1}{3}nN_Am<v^2>=\frac{2}{3}N\frac{1}{2}m<v^2>=nRT$ ⇒ $\frac{1}{2}m<v^2>=\frac{3}{2N}nRT=\frac{3}{2}\frac{R}{N_A}T=\frac{3}{2}kT$																													
	マクスウエルの速度分布則	気体分子の速さが $\mathbf{v}$ と $\mathbf{v}+\Delta\mathbf{v}$ の間にある確率： $\sqrt{2m^3/\pi k^3T^3}\,v^2\exp(-mv^2/2kT)$																			ガウス積分										
熱力学の第1法則	内部エネルギーと状態変数	$dU=d'Q+d'W=TdS-pdV$ （$d'Q$, $d'W$ は状態変数ではない） 内部エネルギーは状態変数⇒全微分形 $dU=\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V dS+\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S dV$ と表せる。																		全微分											
	マイヤーの関係式	理想気体： $C_p=C_v+R$ ／ 一般的な関係式: $C_p-C_v=\frac{VT\beta^2}{\alpha}$ （α：等温圧縮率、β：膨張率）																													
熱力学の第2法則	エントロピーS（増大の法則）	$dS\geq\frac{d'Q}{T}$ （等号は可逆変化（準静的過程）に対して成立）／ ボルツマンの原理： $S=k\log_e W$																													
	熱機関の効率（1より小さい）	効率 $\eta=\frac{W}{Q_H}=\frac{Q_H-Q_L}{Q_H}=1-\frac{Q_L}{Q_H}<1$ ← 効率は1の熱機関は存在しない																													
	カルノーサイクル	効率 $\eta=\frac{W}{Q_H}=\frac{T_H-T_L}{T_H}=1-\frac{T_L}{T_H}$ ← 上記熱機関同様効率は1の熱機関は存在しない																													
	クラウジウスの不等式（不可逆機関）	$\frac{Q_1}{T_1}+\frac{Q_2}{T_2}+\cdots+\frac{Q_n}{T_n}=\sum_{i=1}^{n}\frac{Q_i}{T_i}<0$ ← 離散的表記 ／ $\oint\frac{d'Q}{T}<0$ ← 連続的表記															極限														
自由エネルギー	ヘルムホルツとギッブスの自由エネルギー	ヘルムホルツ: $F=U-TS$ ／ギッブス: $G=U-TS+pV=F+pV$																		全微分											
	熱平衡状態へ進む方向	◎等温定積変化： $dF<0$ ⇒Fが極小になる状態へ ◎等温定圧変化: $dG<0$ ⇒Gが極小になる状態へ																		全微分											
状態量（状態変数）と熱力学的関数	熱力学的関数の全微分	内部エネルギーUはSとVの状態関数 ⇒ $dU=\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V dS+\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S dV$																		全微分											
	マクスウエルの関係式（4個）	$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S=-\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V$ ／ $\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S=\left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p$ ／ $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T=\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ ／ $\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T=-\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$																		全微分											
	（熱力学における） ルジャンドル変換	例: エンタルピー $H=pV+U$, $p=-\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S$ より $(V,U)\to(p,H)$ のルジャンドル変換																		全微分											

Ⅳ．制御理論 ― 力学系や電気系、情報系など全プロセスを操る（コントロール）する管理棟

大分類	中分類	小分類（詳細）	中学数学		大学数学																								
			変数の関係	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列・級数	三角関数	ベクトル複素数	微積数・数列数平面	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・確率論理	特殊関数
		入力u(t)と出力y(t)をラプラス変換した U(s)とY(s)の比																													
古典制御理論	ラプラス変換-数学的準備	$\mathcal{L}f(t)=F(s)=\int_0^\infty f(t)e^{-st}dt$ ，逆ラプラス変換 $\mathcal{L}^{-1}F(s)=\frac{1}{2\pi j}\int_{c-j\infty}^{c+j\infty}F(s)e^{st}ds=f(t)$																													
	伝達関数G（s）の定義	$G(s)=\frac{\mathcal{L}[y(t)]}{\mathcal{L}[u(t)]}=\frac{Y(s)}{U(s)}$ ← 入力$u(t)$,出力$y(t)$をラプラス変換した $U(s)$と$Y(s)$の比																													
	基本要素の伝達関数	微分（積分）要素: $G(s)=s$ $\left(\frac{1}{s}\right)$ ，1次遅れ要素: $G(s)=\frac{K}{1+Ts}$ ，2次遅れ要素: $G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$																													
	時間応答－インパルス信号、ステップ信号、ランプ信号	$y(t)=\mathcal{L}^{-1}[Y(s)]=\mathcal{L}^{-1}[G(s)X(s)]$																													
	周波数応答 －入力信号$(t)=a\sin\omega t$	定常状態で出力は→ $y(t)=\frac{a}{2j}G(j\omega)e^{\omega t}-\frac{a}{2j}G(-j\omega)e^{-\omega t}=aM\sin(\omega t+\phi)$ （M：ゲイン,ϕ：位相）																													
	伝達関数G（s）から周波数伝達関数G（−jω）	ゲイン: $M=\lvert G(j\omega)\rvert=\sqrt{[\mathrm{Re}[G(j\omega)]]^2+[\mathrm{Im}[G(j\omega)]]^2}$ ，位相（偏角）: $\phi=\tan^{-1}\frac{\mathrm{Im}[G(j\omega)]}{\mathrm{Re}[G(j\omega)]}$																													
	ベクトル軌跡	角周波数ωをOから∞まで変化させたとき、G（jω）が複素数平面上に描く軌跡																													
	ボード線図	横軸に角周波数ω（対数目盛）、縦軸にゲイン（デシベル：dB）や位相（°：deg）をとった図																													
	安定判別法 ―ラウスの安定判別法	伝達関数の極 $D(s)=a_ns^n+a_{n-1}s^{n-1}+\cdots+a_1s+a_0=0$ を調べる際、係数 よりラウルス表を作成																	行列式												
	―フルビッツの安定判別法	上記方程式の係数a_i よりフルビッツ行列び主座小行列式を計算し、すべて正であれば安定																	主座小行列式												
	―ナイキストの安定判別法	ナイキスト軌跡を求め、複素数平面上の点（−1,0）を時計回りに回る回数などから安定性を判定																													
	安定余裕	ベクトル軌跡が点（−1,0）の上を通るようになるゲインGや位相φの大きさで安定余裕を図る指標																													
現代制御理論	状態方程式（古典制御との相違）	状態方程式: $\frac{dx(t)}{dt}=Ax(t)+Bu(t)$ ／出力（観測）方程式: $y(t)=Cx(t)+Du(t)$																													
	状態方程式と伝達関数	伝達関数 $G(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}=C(sI-A)^{-1}B+D=\frac{1}{\lvert sI-A\rvert}C\mathrm{adj}(sI-A)B+D$																													
	システムの安定性－リアプノフ方程式	安定条件: 係数行列Aの固有値 λi がすべて負⇔ Aが$PA+A^TP=-Q$ を満たす																	リアプノフ方程式												
	最適制御－評価関数Jを最小化	$J=\int_0^\infty[x^T(t)Qx(t)+ru^2(t)]dt$ を minimize ⇒ $u(t)=-r^{-1}b^TPx(t)$ ， $A^TP+PA-Pbr^{-1}bTP+Q=0$ （リカッチ代数方程式）																	リカッチ代数方程式	最適化											

俯瞰チャート⑥

大分類	大分類	中学数学				高校数学							大学数学											
		比例・反比例	数と文字式、式の計算	1次方程式	連立方程式	2次関数（最大・最小）	不等式	三角関数	ベクトル	複素数	指数・対数	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	微分	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ解析（フーリエ級数・フーリエ変換）	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	特殊関数	離散数学
Ⅰ．直流（定常電流）と直流回路																									
オームの法則	$V=RI \quad (R=V/I,\ I=V/R)$																								
抵抗や静電容量の接続（合成抵抗や合成容量の算出）	直列 $R_{total}=R_1+R_2+\cdots+R_n$ 並列 $1/R_{total}=1/R_1+1/R_2+\cdots+1/R_n$ ========== = $1/C_{total}=1/C_1+1/C_2+\cdots+1/C_n$ 直列 $C_{total}=C_1+C_2+\cdots+C_n$																								
キルヒホッフの法則	◎第1法則（電流則） 流れ込む電流の和＝流れ出る電流の和 $\sum_{k=1}^{n} I_k=0$ ◎第2法則（電圧則） 起電力の和＝電圧降下の和 $\sum_{k=1}^{n} I_k R_k=\sum_{k=1}^{n} E_k$													<連立1次方程式> ・クラメールの公式 ・掃き出し法										<グラフ理論> ・閉路方程式 ・接点方程式 ・カットセット方程式
電力と電力量	電力[W] $P=VI=V^2/R=I^2R$ 電力量[Wh] $W=Pt$ 電力利得[dB] $G_p=10\log\frac{P_2}{P_1}$																								
最小の定理と最大の定理	最大消費電力を計算する際、最小の定理を適用する。⇒インピーダンス整合						相加平均≧相乗平均																		
二端子対回路	入力端子対と出力端子対の2組の端子からなる電気回路またはデバイス $\begin{pmatrix}V_1\\V_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}Z_{11} & Z_{12}\\Z_{21} & Z_{22}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}I_1\\I_2\end{pmatrix}$ ，$\begin{pmatrix}I_1\\I_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}Y_{11} & Y_{12}\\Y_{21} & Y_{22}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}V_1\\V_2\end{pmatrix}$																								
Ⅱ．交流と交流回路																									
正弦波交流	$V=V_m\sin(\omega t+\theta)$							振幅、位相、角周波数																	
平均値、実効値、有効電力（力率）無効電力、複素電力、皮相電力	平均値 $V_a=2/T\int_0^{T/2}Vdt=2V_m/\pi$																								
	有効値 $V_e=\sqrt{1/T\int_0^T V^2dt}=V_m/\sqrt{2}$																								
	有効電力 $V_e I_e\cos\phi$																								
正弦波の複素数表示	$\dot{V}=V_e e^{j}=V_e(\cos\theta+j\sin\theta)$																								
複素インピーダンス（R,L,C）とベクトル図	抵抗 $\dot{Z}=R$ （実数）																								
	コンデンサ $\dot{Z}=\frac{1}{j\omega C}=-j\frac{1}{\omega C}$									誘導性＆容量性リアクタンス															
	コイル $\dot{Z}=j\omega L$																								
RLC直列回路での複素インピーダンス計算例と共振周波数	$\dot{Z}=R+j\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)$ $f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$																								
電気回路における微分方程式とラプラス変換の適用例	$L\frac{di}{dt}+Ri=V_m\sin t$ ラプラス変換 $I(s)=\frac{V_m}{(s^2+1)(Ls+R)}$ 逆ラプラス変換 $\mathcal{L}^{-1}I(s)=i(t)=\frac{V_m}{L^2+R^2}\left(Le^{-\frac{R}{L}t}-L\cos t+R\sin t\right)$																			2階線形DE					
ひずみ波形	定義 $V(t)=V_a+\sum_{n=1}^{\infty}V_n\sin(n\omega t+\theta_n)$																								
	実効値＝ $\sqrt{V_a^2+\sum_{n=1}^{\infty}V_{an}^2}$																								
	ひずみ率＝ $\frac{\sqrt{V_{a2}^2+V_{a3}^2+\cdots+V_{an}^2+\cdots}}{V_a}\times100$																								
	平均電力 $\overline{P}=V_aI_a+\sum_{n=1}^{\infty}V_{an}I_{an}\cos\phi_n$																								
分布定数回路と電信方程式	$L\frac{\partial^2 I}{\partial t^2}+R\frac{\partial I}{\partial t}-\frac{1}{C}\frac{\partial^2 I}{\partial z^2}=0$ 解は $E(x)=E_1e^{-\gamma x}+E_2e^{\gamma x}$ ，$I(x)=I_1e^{-\gamma x}+I_2e^{\gamma x}$																								
Ⅲ．電気と磁気（電磁気学）																									
真空中の静電界	電場（電界）の定義とその重ね合わせ（ベクトル和） $\boldsymbol{E}=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{\boldsymbol{r}}$ $\boldsymbol{E}=\boldsymbol{E}_1+\boldsymbol{E}_2+\cdots$																								
	電位と電場と関係 $\boldsymbol{E}=-\mathrm{grad}\,V=(-\partial V/\partial x,-\partial V/\partial y,-\partial V/\partial z)$ 電位の重ね合わせ（スカラー和） $V=V_1+V_2+\cdots$ $V=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$																								
	ガウスの定理 $\int\boldsymbol{E}\cdot\boldsymbol{n}dS=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{in}Q_i$ $\int\boldsymbol{E}\cdot\boldsymbol{n}dS=\frac{1}{\varepsilon_0}\int\rho dv$																	体積分⇔面積分						
	電気双極子モーメントPによる電場 $\boldsymbol{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3(\boldsymbol{p}\cdot\hat{\boldsymbol{r}})\hat{\boldsymbol{r}}-\hat{\boldsymbol{p}}}{r^3}$														指数・1次近似									
	ポアソンの方程式 $\nabla^2V=\frac{\partial^2V}{\partial x^2}+\frac{\partial^2V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2V}{\partial z^2}=-\frac{1}{\varepsilon_0}\rho$ ラプラスの方程式 $\nabla^2V=\frac{\partial^2V}{\partial x^2}+\frac{\partial^2V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2V}{\partial z^2}=0$																			楕円型PDE		調和関数 複素ポテンシャル	グリーン関数による解法など	
	グリーン関数によるポアソン方程式の解法：ポテンシャルVに対しても同様 $\nabla^2\boldsymbol{A}=-\mu_0\boldsymbol{J}$ の解は $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r})=\mu_0\iiint G(\boldsymbol{r},\boldsymbol{r}')\boldsymbol{J}(\boldsymbol{r}')dV'=\frac{\mu_0}{4\pi}\iiint\frac{\boldsymbol{J}(\boldsymbol{r}')}{\lvert\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'\rvert}dV'$																								
真空中にある導体系	電位係数p_{ij} $\begin{bmatrix}V_1\\V_2\\\vdots\\V_n\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}p_{11} & p_{12} & p_{13}\cdots p_{1n}\\p_{21} & p_{22} & p_{23}\cdots p_{2n}\\\cdots & & \\p_{n1} & p_{n2} & p_{n3}\cdots p_{nn}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}Q_1\\Q_2\\\vdots\\Q_n\end{bmatrix}$ エネルギーW $W=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}q_iV_iV_j$													2次形式										
	コンデンサ合成容量 並列 $C=C_1+C_2+\cdots+C_n=\sum_{i=1}^{n}C_i$ ／直列 $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\cdots+\frac{1}{C_n}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{C_i}$																								
真空中の磁界	電場と磁束密度 $\boldsymbol{D}=\varepsilon_0\boldsymbol{E}$ ⇔ 磁場と磁束密度 $\boldsymbol{B}=\mu_0\boldsymbol{H}$																								
	ローレンツ力 $\boldsymbol{F}=q(\boldsymbol{E}+\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})$																								
	フレミングの左手の法則 $\boldsymbol{F}=\int(\boldsymbol{I}\times\boldsymbol{B})ds=I\int d\boldsymbol{s}\times\boldsymbol{B}$																								
	ビオ・サバールの法則 $d\boldsymbol{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\boldsymbol{s}\times\boldsymbol{r}}{r^3}$ $\boldsymbol{B}=\int d\boldsymbol{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{Id\boldsymbol{s}\times\boldsymbol{r}}{r^3}$																								
	アンペールの周回積分の法則 $\oint\boldsymbol{H}\cdot d\boldsymbol{s}=I$ ⇒ $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{H}=\boldsymbol{J}$																								
	ストークスの定理（線積分⇔面積分） $\oint\boldsymbol{A}\cdot d\boldsymbol{s}=\int\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{n}dS$																	周回積分⇔面積分						
	ベクトルポテンシャル $\mathrm{div}\,\boldsymbol{B}=0$ ⇒ $\boldsymbol{B}=\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}$ $\mathrm{div}\,\boldsymbol{A}=0$ とすれば $\nabla^2\boldsymbol{A}=-\mu_0\boldsymbol{J}$																								
電磁誘導	ファラデーの法則 $V=-\frac{d\Phi}{dt}=-\int\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\cdot\boldsymbol{n}dS$																								
	フレミングの右手の法則： 起電力の向き∝ $\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$																								
	電磁誘導による磁界 $\oint\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{s}=-\int_S\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\boldsymbol{n}dS$ ⇒ $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{E}=-\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}$																								
	自己インダクタンスと相互インダクタンス $\Phi_1=L_1I_1+M_{12}I_2+M_{13}I_3+\cdots$																								
	相互誘導と自己誘導 $V_2=-\frac{d\Phi_2}{dt}=-L_2\frac{dI_2}{dt}-M_{21}\frac{dI_1}{dt}-M_{23}\frac{dI_3}{dt}-\cdots$																								
	相互インダクタンスの計算例：半径a,bの2つの円形コイル（距離d） $M_{ab}=\frac{2\mu_0}{k}\sqrt{ab}\left(1-\frac{k^2}{2}\right)\left[K(k)-E(k)\right]$ ⟶ $\mu_0\pi\left(\log\frac{8a}{\sqrt{a-b)^2+d^2}}-2\right)$ $(a\approx b)$																楕円積分						
	表皮効果：高周波電流ほど導線の表面近くを流れる現象 $\lvert J_z\rvert=\lvert J_z(r_0)\rvert e^{\sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}(r_0-r)}=\lvert J_z(r_0)\rvert e^{-\frac{r_0-r}{\delta_{skin}}}$																							ベッセル関数	
電磁界の統合（電磁波）	変位電流：$\frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}$ ，$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{H}=\boldsymbol{J}$ ⇒ $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{H}=\boldsymbol{J}+\frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}$																								
	Maxwellの方程式（4個の偏微分方程式） $\mathrm{div}\,\boldsymbol{D}=\rho$ ，$\mathrm{div}\,\boldsymbol{B}=0$ ，$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{H}=\boldsymbol{J}+\frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}$ ，$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{E}=-\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}$																								
	電磁波の波動方程式（上式で $\rho=\boldsymbol{J}=0$） $\nabla^2\boldsymbol{E}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{E}}{\partial t^2}$ $\nabla^2\boldsymbol{H}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{H}}{\partial t^2}$ $c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ 光の伝播速度																			双曲線型PDE			グリーン関数による解法など	
	電磁誘導ポテンシャルとゲージ変換 $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r},t)=\boldsymbol{A}(\boldsymbol{r},t)+\mathrm{grad}\,u(\boldsymbol{r},t)$ ， $\phi(\boldsymbol{r},t)=\phi(\boldsymbol{r},t)-\frac{\partial}{\partial t}u(\boldsymbol{r},t)$																	ローレンツ条件					
	ポインティングベクトル $\boldsymbol{S}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}$ ⇒ 電磁波の放射、アンテナ工学																								
	TEM波：電磁波の伝搬モードの1種で共役な関数Φ,Ψ（コーシー・リーマンの関係を満たす）で解析できる																								

俯瞰チャート⑦

大分類	中分類	小分類・詳細	中学数学		高校数学												大学数学												
			数と文字式、式の計算	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列	三角関数	ベクトル複素数	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・確率過程	離散数学
Ⅰ．情報通信理論　ー　情報＆通信のインフラ																													
シャノンの情報理論	アナログ情報を扱う場合 標本定理（sampling thereom）	サンプリング周波数f_s　、　ナイキスト周波数$\frac{1}{2}f_s$																											
	量子化	標本化＋量子化　⇒　AD変換																			標本化関数、フーリエ級数								
	ディジタル信号処理	プログラマブルな汎用プロセッサやDSPを用いて信号の加工やノイズ（雑音）除去を行う。																						Z変換 たたみ込み	関数論				
情報源符号化	情報源のモデル	M次元情報源 S $S=\begin{pmatrix} a_1, & a_2, & \cdots, & a_M \\ p_1, & p_2, & \cdots, & p_M \end{pmatrix}$ 情報源記号：$a_1, a_2, \cdots, a_M$ それらの生起確率$p_1, p_2, \cdots, p_M$											生起確率																
	マルコフ情報源（マルコフ連鎖） ⇒　シャノン図	遷移確率行列 $P=\begin{pmatrix} P_{1,1} & \cdots & P_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n,1} & \cdots & P_{n,n} \end{pmatrix}$　1ステップで状態 qi からqj へ遷移する確 $P_{i,j}=P(q_j \mid q_i)$											生起確率				固有値・固有ベクトル・行列の対角化・極限分布（定常分布）										極限分布（定常分布） エルゴード性	
	情報量（＝自己情報量）	情報量は減少関数、情報の加法性など　⇔$I_x=\log_2\frac{1}{P}(=\log_2 P)$																											
単一の事象系	エントロピー（＝平均情報量）	平均情報量と情報源のあいまいさ　⇔$H(S)=-\sum_{i=1}^{M}p_i\log_2 p_i$																											
	エントロピーの最大値、最小値	$0 \leqq H(S) \leqq \log_2 M$　　M次元情報源																											
		不等式 $-\sum_{i=1}^{M}p_i\log_2 p_i \leqq -\sum_{i=1}^{M}p_i\log_2 q_i$　の活用																											
複数の事象系	結合エントロピー＝XとYの値を同時に知ったときに得られる平均情報量	$H(X,Y)=-\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}P(x_i,y_j)\log_2 P(x_i,y_j)$												直積															
	条件付きエントロピー＝Xの下でのYの条件付きエントロピー	$H(X\mid Y)=-\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}P(y_j)P(x_i\mid y_j)\log_2 P(x_i\mid y_j)$												条件付き確率															
	条件付きエントロピー＝Yの下でのXの条件付きエントロピー	$H(Y\mid X)=-\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}P(x_i)P(y_j\mid x_i)\log_2 P(y_j\mid x_i)$												条件付き確率															
	冗長度（無駄さ、非効率性）	$r(S)=1-\frac{H(S)}{\log_2 M}$　　$(0 \leqq r(S) \leqq 1)$												条件付き確率															
	平均符号長	$L=\sum_{i=1}^{M}p_i\tau_i$　←　Sの$a_1, a_2, \cdots, a_M$　に対する符号長をそれぞれ$\tau_1, \tau_2, \cdots, \tau_M$　とする。												平均値															
瞬時に復号可能な信号が存在するための必要十分条件	クラフトの不等式	$\tau_1, \tau_2, \cdots, \tau_M$　をそれぞれ情報源符号 $a_1, a_2, \cdots, a_M$　に対する符号語の長さ　➡　$q^{-\tau_1}+q^{-\tau_2}+\cdots+q^{-\tau_M} \leqq 1$																											
	マクラミンの不等式	クラフトの不等式が一意に復号可能な符号が存在するための必要十分条件																											
	情報源符号化定理 （平均符号長の下限）	$H_q(S) \leqq L < H_q(S)+1$　　$\left[H_q(S)=\frac{H(S)}{\log_2 q} \right]$																											
	↑ q　元瞬時符号に符号化する場合	⇒　平均符号長を最小（$H_q(S)$　）にする瞬時に復号可能なコンパクト符号の存在が示された。																											
	情報源符号化の実例	シャノン符号　／　ファノ符号　／　ハフマン符号																											
通信路符号化	・Xの事前エントロピー$H(X)$ ・平均事後エントロピー（曖昧度）$H(X\mid Y)$	⇒Yの情報を得る前のXの曖昧さ ⇒Yの情報を得た後のXの曖昧さ＝　相互情報量に反映する																											
通信路のモデル	相互情報量$I(X;Y)$	$I(X;Y)=H(X)-H(X\mid Y)$　　$I(X;Y)=I(Y;X)$ if　XとYが独立ならば $I(X;Y)=I(Y;X)=0$　　$H(X)=H(X\mid Y)$　　$H(Y)=H(Y\mid X)$																											
	通信路行列	$T=\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1r} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{s1} & p_{s2} & \cdots & p_{sr} \end{pmatrix}$　送信記号x_i　に対して、受信記号がy_j となる条件付き確率 $p_{ij}=P(Y=y_j \mid X=x_i)$												条件付き確率															
	特徴ある通信路	2元対称（BSC）　$T=\begin{pmatrix} 1-p & p \\ p & 1-p \end{pmatrix}$　　2元消失（BEC）　$T=\begin{pmatrix} 1-q & q & 0 \\ 0 & q & 1-q \end{pmatrix}$																											
	通信路容量	送信記号　$x_1, x_2, \cdots, x_s$　に対する 生起確率を　$\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_s$　として　➡　$C=\max_{\alpha_1+\cdots+\alpha_s=1} I(X;Y)$																散布度連立方程式	・多変数関数の最大値問題 ・ラグランジュの未定係数法										
	平均誤り率P_e	送信側で　x_i　を送信して、受信側で正しく復号される確率は$P(y_j \in g(x_i) \mid x_i)$　➡　$P_e=1-P(y_j \in g(x_i) \mid x_i)$																											
	通信路符号化定理	情報速度R　＜　通信路容量C ⇒　上記の条件を満たせば受信側における誤り（平均誤り率）をいくらでも0に近づけることが可能																											大数の法則 ランダム符号化
符号理論	ハミング距離	$d_H(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y})=\sum_{i=1}^{n}x_i \oplus y_i$　（ $\oplus$ は排他的論理和を表す ） 2つの符号間の距離（類似度）を測る指標																											排他的論理和 ブール代数
	ハミング重み	$w_H(\boldsymbol{a})=d_H(\boldsymbol{a},\boldsymbol{0})$																											排他的論理和 ブール代数
	最小ハミング距離	ある符号に含まれる異なる 任意の2つの符号語$\boldsymbol{w}_i, \boldsymbol{w}_j$　➡　$d_{H,\min}=\min_{\boldsymbol{w}_i,\boldsymbol{w}_j} d_H(\boldsymbol{w}_i,\boldsymbol{w}_j)$																											排他的論理和 ブール代数
	最小ハミング距離と誤り検出・訂正の定量的関係	$d_{H,\min} \geqq T_d+1$　　$d_{H,\min} \geqq 2T_c+1$　最小ハミング距離$d_{H,\min}$　、誤り検出能力T_d 誤り訂正能力T_c																											排他的論理和 ブール代数
線形符号	線形符号(linear code)	生成行列$\boldsymbol{G}=\begin{pmatrix} g_{11} & \cdots & g_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ g_{k1} & \cdots & g_{kn} \end{pmatrix}$　符号語　$\boldsymbol{w}=(w_1 w_2 \cdots w_n)$ 情報ベクトル　$\boldsymbol{u}=(u_1 u_2 \cdots u_k)$　$\boldsymbol{w}=\boldsymbol{u}\boldsymbol{G}$																生成行列 検査行列 シンドローム											
	パリティ検査符号	偶数パリティの場合:$u_1+u_2+\cdots+u_k+c=0$　（C:パリティビット） 誤り訂正は不可能																パリティ											排他的論理和 ブール代数
	ハミング符号	単一誤り訂正符号																											
	巡回符号(cyclic code)	巡回符号の多項式表記（情報多項式、生成多項式、符号多項式） $\boldsymbol{w}=a_0 a_1 \cdots a_{n-2} a_{n-1}$　⇔　$w(x)=a_0+a_1 x+\cdots+a_{n-2}x^{n-2}+a_{n-1}x^{n-1}$																									ガロア（拡大）体		
	実用的巡回符号法	巡回ハミング符号、BCH符号、RS符号、符号の組合せ（積符号、連接符号）																									ガロア（拡大）体		
	巡回符号の復号	ユークリッド復号法（拡張ユークリッドアルゴリズムを活用）など							ユークリッド互除法																		ガロア（拡大）体		
情報理論の応用	音声の符号化	・音声波形の符号化…時間領域（PCM, DPCM, ADPCMなど）、 周波数領域（KL変換など各種直交変換） ・音声の線形予測（Z版権、APRCOR分析など） ・音声処理＆認識（隠れマルコフ過程、ベクトル量子化など）																				DFT（離散的FT）								
	画像の符号化	・2値画像の符号化ーチェイン化、ランレングス符号化など ・濃淡画像の符号化…DCT,DFT,アダマール変換、KL変換など																				DFT（離散的FT）							

Ⅱ．　情報数学・離散数学ー　計算機工学、情報処理への助走

大分類	中分類	小分類・詳細	中学数学		高校数学												大学数学												
			数と文字式、式の計算	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列	三角関数	ベクトル複素数	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・確率過程	離散数学
集合	集合と要素	全体集合・空集合、部分集合、補集合																											
	ベン図	ド・モルガンの法　$(A\cup B)^c = A^c \cap B^c$　$(A\cap B)^c = A^c \cup B^c$																											
	双対性（duality）	$\cup, \cap, \mathrm{U}, \phi \quad \Leftrightarrow \quad \cap, \cup, \phi, \mathrm{U}$																											
	数え上げの原理	$n(A\cup B\cup C) = n(A)+n(B)+n(C)-n(A\cap B)-n(B\cap C)-n(A\cap C)+n(A\cap B\cap C)$																											
関係	直積	順序対 (a,b)　、　直積 $A\times B = \{(a,b) \mid a\in A, b\in B\}$ 拡張 $A_1\times A_2\times\cdots\times A_n (=\prod_{i=1}^{n} A_i) = \{(a_1,a_2,\cdots,a_n) \mid a_1\in A_1, a_2\in A_2,\cdots,a_n\in A_n\}$																											
	2項関係（定義域、値域）	${}_aR_b \quad \{a,b\}\in R$　関係Rの第1項の集合Aを定義域、第2項の集合Bを値域という。																											
	同値関係（「等しい」の一般化）	①反射律：　aRa　②対称律 $aRb \Rightarrow bRa$　③推移律：　$aRb\wedge bRc \Rightarrow aRc$　を満たす2項関係を同値関係という。																											
	順序関係	①反射律：　aRa　②反対称律 $aRb\wedge bRa \Rightarrow a=b$　③推移律：　$aRb\wedge bRc \Rightarrow aRc$　を満たす2項関係を半順序という。																											
関数	関数（2項関係の特殊ケース）	関係の中でも、集合A に含まれる要素 a に、集合B の要素b を、$f: A\to B$																											
	合成関数と逆関数	$g\circ f: x\mapsto g(f(x))$　$f^{-1}: f(x)\mapsto x$																											
	単射、全射、全単射	⇔ 1対1関数、上への関数、1対1対応(全射かつ単射）をそれぞれ意味する。																											
論理	命題と証明	逆・裏・対偶、背理法、三段論法、数学的帰納法など																											
	論理代数	命題論理で命題に対し、真T（true）と偽F（false）を割り当てる、真理表																											
	ブール代数	集合論や論理代数に共通した論理的性質に注目して、これを基礎に組み立てられた数学構造、																											
		論理ゲート、論理回路、カルノー図																											
組合せ解析	順列と組合せ	${}_nP_r = n(n-1)\cdots(n-r+1) = \frac{n!}{(n-r)!}$　${}_nC_r = \frac{{}_nP_r}{r!} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$																											
	2項定理、多項定理	$(a+b+\cdots w)^n = \sum_{(n_1,n_2,\cdots,n_r)} \frac{n!}{n_1!n_2!\cdots n_r!} a^{n_1}b^{n_2}\cdots w^{n_r}$																											
暗号理論	共通鍵暗号	例えば、DES,3DES, AESなど																											
	公開鍵暗号	RSA暗号方式　$C = M^e \pmod N$　N, e：公開鍵, M：平文, C：暗号文							素因数分解																	合同			
		楕円曲線暗号													楕円曲線											離散対数			
	最新暗号方式	多変数公開鍵暗号																								NP完全問題	グレブナ基底		
グラフ理論	グラフの基本概念	頂点（ノード）の集合Eと頂点を結ぶ辺（エッジ）の集合Vからなるグラフ G（V,E） 多重グラフ、単純グラフ、ループ、部分グラフ、断面グラフ、頂点の次数																											グラフ理論
	連結性	辺列、トレイル、パス、サイクル、連結グラフ																											グラフ理論
	いろいろなグラフ	完全グラフ、正則グラフ、2部蔵負、平面グラフ（オイラーの公式）																											グラフ理論
	木	木、根をもつ木、順序付き根をもつ木、2分木（バイナリ―ツリー）																											グラフ理論
	有向グラフ	・正の次数（出次数：outdegree）＝ある頂点uを始点とする有向辺の数 ・負の次数（入次数：indegree）＝ある頂点uを終点とする有向辺の数																											グラフ理論
	グラフの連結と行列表現	連結度、隣接行列、接続グラフ、重み付きグラフ、全域木（最小全域木）																											グラフ理論
	彩色グラフ	4色問題、4色定理																											グラフ理論
	有限オートマトン	データ入力により内部の状態が時系列的で遷移する機械モデル（i.e.有限状態機械） （1）入力記号　（2）内部状態　（3）受理状態（4）初期状態（5）状態遷移関数																											グラフ理論
グラフ理論の応用	最短経路問題	ダイクストラ法、巡回セールスマン問題																											グラフ理論
	最大流量（最大フロー）問題	重み付き有向グラフの応用																											グラフ理論
	ネットワークの信頼性	重み付き無向グラフの応用、故障確率																											グラフ理論
	交通網の解析	重み付き有向グラフの応用 隣接行列の積　⇒　ターミナル容量　（長さ無限大のターミナル容量）																											グラフ理論
	電気回路網	キルヒホッフの法則、枝電流法、閉路電流法、接点電位法 接続行列A 、閉路行列B 、カットセット行列C…A,B,Cのうちの1つが与えられれば、これを用いて他の行列を導くことが可能。																											グラフ理論

Ⅲ．多変量統計解析　ー　情報抽出（データサイエンスの入り口）

大分類	中分類	小分類・詳細	中学数学		高校数学												大学数学												
			数と文字式、式の計算	方程式	2次関数（関数）	方程式・不等式	集合と論理	順列と組合せ	整数の性質	数列	三角関数	ベクトル複素数	指数・対数	統計・確率	2次曲線	微分	積分	線形代数（行列・行列式）	偏微分	重積分	ベクトル解析	フーリエ変換	常微分方程式	偏微分方程式	ラプラス変換	複素関数	整数論	代数学	統計学・確率過程	離散数学
基本統計分析	代表値	平均値（期待値）、中央値（メディアン）、最頻値（モード）																											
	散らばりの尺度	レンジ（範囲、）四分位数、平均偏差、分散、標準偏、変動係数																											
	箱ひげ図	最大値、最小値と四分位数（Q1,Q2,Q3）の5つの数をグラフ化																											
	2変量データ分析	相関係数（共分散）、2次元度数分布表、2次元散布図																											
多変量解析	回帰分析法	線形回帰ー単回帰、重回帰　$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots + a_nx_n$																											
		非線形回帰ー凹、凸、指数的な増加または減少、シグモイド(成長曲線)、および漸近曲線など。特に成長曲線の当てはめはロジステック回帰																固有値問題											
	主成分分析法	データを主要な変動に要約して特徴を抽出・把握するための統計的手法																固有値問題	Lagrangeの未定乗数法										
	正準相関分析法	2つのデータ変量間の共通性を探索する統計的手法																固有値問題	Lagrangeの未定乗数法										
	判別分析法	ある程度重複する部分をもつ2つの母集団が与えられたとき、判別関数を設定してどちらかの母集団に属するかを判別する統計的手法																											
	数量化分析法	量的なデータのみならず、質（定性）的なデータを取り扱う統計的手法																固有値問題											
	因子分析法	互いに相関のある変量の持っている情報を、少数個の潜在的な因子に集約する1つの統計的手法																固有値問題											
	クラスター分析法	異質なものが混ざりあっている対象（個体、変量（変数））を、それらの間に定義された類似度（similarity）を手がかりに、いくつかの均質なも集落（クラスター；cluster）に分類する統計的方法ー階層的手法＆非階層的手法																											

俯瞰チャート⑧

大分類	中分類	小分類（詳細）	中学数学				高校数学												大学数学								
			文字式	方程式	関数	確率・統計	関数・2次関数	代数方程式	相加平均≧相乗平均	三角関数	ベクトル	複素数	指数・指数関数	対数・対数関数	数列・級数	確率・統計	2次曲線	極限・微分	積分	線形代数	個数分・最適化	置積分	ベクトル解析	フーリエ解析（フーリエ級数・フーリエ変換）	常微分方程式	偏微分方程式	統計学・確率過程	ルベーグ積分
Ⅰ．証券投資理論																												
金利とキャッシュフロー（CF）	金利	単利			1次関数										等差数列												
		複利	指数												等比数列												
		連続複利												ネイピアの定数e													
		積立預金													等比数列の和												
		償還金													等比数列の和												
	現在価値と将来価値の関係	現在価値PV ⇔ 将来価値FV $FV = PV(1+r)^n$ ⇔ $PV = \frac{FV}{(1+r)^n}$																									
	特殊なCFの現在価値①	有限定額年金 $PV = \frac{C}{r}\left(1-\frac{1}{(1+r)^n}\right)$ ← CFが有限n期間一定のC													等比数列の和												
	特殊なCFの現在価値②	永久定額年金 $PV = \frac{C}{r}$ ← CFが永久に一定のCで続く													無限等比級数												
	特殊なCFの現在価値②	永久成長年金 $PV = \frac{C}{r-g}$ ← CFが永久に一定の率 g で成長													無限等比級数												
	正味現在価値法（NPV法）と投資判断	正味現在価値NPV $NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{(1+r)^i}$ ← 初期投資C0 ，将来CF Ci (i=1,2,…,N)																									
		投資判断 NPV＞0ならば、投資は合理的（投資おこなう） NPV＜0ならば、投資は非合理的（投資やめる）																									
	内部収益率	投資 v に対する将来キャッシュフロー $C_i\ (i=1,2,\cdots,N)$ $v = \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{(1+y)^i}$ で内部収益率y がより高い方が合理的な投資案件						表計算ソフト活用可																			
効用理論	効用関数U(x)	ある物品（財、富）を購入する場合など、その物品から得られる効用を数値に置き換える関数 $U(x) > U(y) \quad (x > y)$ i.e. $U'(x) > 0$					増加関数											導関数＞0									
	リスク回避係数	$a(x) = -\frac{U''(x)}{U'(x)}$ U(x)がlogxのように上に凸な関数であれば、 $a(x) = \frac{1}{x} > 0 \quad (x > 0)$																2次導関数									
	リスク選好・回避・中立型	リスク選好 …$U''(x) > 0$ …U(x)は下に凸（上に凹） リスク中立 …$U''(x) = 0$ …U(x)は直線（凹凸なし） リスク回避 …$U''(x) < 0$ …U(x)は上に凸（下に凹）																2次導関数									
ポートフォリオ	収益と収益率	投資金額 x_i 受取金額 x_{i1} 収益率＝ $\frac{X_{i1} - X_i}{X_i}$ 、対数収益率＝ $\log_e \frac{X_{i1}}{X_i}$																									
	リスクとリターン	リスク σ 収益率の標準偏差をリスク σ（ボラティリティともいう）				分布の範囲										分散・標準偏差											
		リターン μ 収益率の平均（期待値）を期待収益率またはリターン μ				平均値										平均（期待値）											
	ポートフォリオ効果の評価 ポートフォリオの期待収益率（リターン） μ_p ポートフォリオの標準偏差（リスク） σ_p	2銘柄の証券（A,B） $\mu_p = w\mu_A + (1-w)\mu_B$ $\sigma_p = \sqrt{w^2\sigma_A{}^2 + (1-w)^2\sigma_B{}^2 + 2w(1-w)\rho\sigma_A\sigma_B}$														標準偏差、期待値、相関係数	双曲線									
		3銘柄の証券（A,B,C） 上式を3銘柄に拡張 $\mu_p = w_A\mu_A + w_B\mu_B + w_C\mu_C$ $\sigma_p{}^2 = w_A{}^2\sigma_A{}^2 + w_B{}^2\sigma_B{}^2 + w_C{}^2\sigma_C{}^2 + 2w_Aw_C\sigma_{AC} + 2w_Aw_B\sigma_{AB} + 2w_Bw_C\sigma_{BC}$														標準偏差、期待値、相関係数									
		n銘柄の証券 実行可能ポートフォリア， 効率的フロンティア														標準偏差、期待値、相関係数											
		最適ポートフォリオ ・無リスク資産）を含めた場合の合理的ポートフォリオ ・接点ポートフォリオ、Tobinのポートフォリオ選択問題															接線（接点）			ラグランジュ乗数法							
CAPM（資本資産評価モデル）	市場ポートフォリオと資本市場線	市場ポートフォリオ 資本市場線 各投資家が保有するポートフォリオは無リスク資産と市場ポートフォリオの組合せ $\mu_p - r = \frac{\sigma_p \mu_m - r\sigma_m}{\sigma_m}$		連立方程式																	ラグランジュ乗数法							
	証券市場線	CAPM $\mu_k - r = \beta_k(\mu_m - r)$ ⇒ ある証券の β（ベータ）がわかるとその証券のリターンが計算可能		連立方程式	1次関数																ラグランジュ乗数法							
		ベータ（市場リスクの尺度） 個別証券のリスク $\beta_k = \frac{\sigma_k \rho_{km}}{\sigma_m} = \frac{\sigma_{km}}{\sigma_m^2}$		連立方程式	1次関数																ラグランジュ乗数法							
	証券特性線	ファクターモデル 回帰方程式 $R_i = \beta_i R_m + \alpha_i$ ・ $\beta_i = \frac{Cov[R_i, R_m]}{\sigma_m^2} = \frac{\rho_{im}\sigma_i}{\sigma_m}$ ・ $\sigma_i = \mu_i - \beta_i \mu_m$																			最小二乗法						線形回帰	
債券投資	割引債と利付債	割引債 …満期時に額面金額のみが返済される。 利付債 …満期までに定期的に利息（クーポン）が支払われ、満期時に最後の利息＋額面金額（元本）が返済さ																									
	利回り	日本式利回り（単利）割引債（複利）など $r = \frac{C+(Q-P)/n}{P}$ 、 $r = \sqrt[n]{\frac{Q}{P}} - 1$ など																									
	金利の期間構造	イールドカーブ 債権の満期までの償還期限（＝現存期間）と利回りの関係																									
	スポットレートとフォワードレート	スポットレート $_0r_1, {}_0r_2$ フォワードレート $_1f_2$ $_1f_2 = \left\{\frac{(1+{}_0r_2)^2}{(1+{}_0r_1)^1}\right\}^{\frac{1}{2-1}} - 1$																									
	債券投資の金利リスク（デュレーション）	マコーレデュレーション D_{mac} 修正デュレーション D_{mod} $D_{mac} = \frac{\sum_{k=1}^{n}\left\{k \times \frac{C}{(1+r)^k}\right\}}{\sum_{k=1}^{n}\frac{C}{(1+r)^k}}$ 、 $D_{mod} = \frac{1}{1+r} D_{mac}$																1次導関数									
	コンベキシティ：金利の変化に対する債権価格の増減傾向（曲率）	$P = \frac{C}{1+r} + \frac{C}{(1+r)^2} + \cdots + \frac{C}{(1+r)^n} + \frac{F}{(1+r)^n}$ に対して $\frac{1}{P}\frac{d^2P}{dr^2} = \frac{1}{P(1+r)^2}\left\{\sum_{k=1}^{n}\frac{k(k+1)C}{(1+r)^k} + \frac{n(n+1)F}{(1+r)^n}\right\}$																2次導関数（2次近似）									
株式投資	配当割引モデル（DDM）	配当 $D_t\ (k = 1,2,\cdots)$ 金利（割引率 ）r 株式の理論価格 $P_t = \frac{D_t}{1+r} + \frac{D_{t+1}}{(1+r)^2} + \cdots + \frac{D_{t+n}}{(1+r)^n} + \cdots$																									
	キャッシュフロー割引モデル	株式の価値 ＝ 企業の生むキャッシュフローの現在価値 － 負債の価値																									
	割引残余利益モデル（DRIM）	1つの会計数値の大小に伴う不安定さという欠点を是正するため、複数の会計数値を組み込んだモデル																									
デリバティブ投資 ①デリバティブ（金融派生商品）	先渡契約と先物契約	ペイオフ関数 $h(S) = S - K$ 、 $-h(S) = K - S$			1次関数																						
	オプション	コールオプション買い $h(S) = \max\{S-K,\ 0\}$			1次関数																						
		プットオプション買い $h(S) = \max\{K-S,\ 0\}$			1次関数																						
		オプションプレミアム $h(S) = \max\{S-K,\ 0\} - C_0e^{-rT}$ $h(S) = \max\{K-S,\ 0\} - P_0e^{-rT}$																									
	スワップ取引（異なるCFの交換）	固定金利 F 変動金利 c_i $CF = \sum_{i=1}^{N}(c_i - r)N$ ← 金利差×交換回数で受取り額が決定！																									
②価格付け（プライシング）	プットコールパリティ	無裁定条件 $C - P + dK = S$ ← コールオプション C かプットオプション P のどちらか一方がわかれば、他方がわかる														ベルヌーイ分布											
	二項過程モデル	BS式への架け橋 $S_n = u^k \cdot d^{n-k} \cdot S_{n-1}$ 、 $X_n = 1\ (Up)$ or $X_n = 0\ (Down)$														標準正規分布											
	ブラック・ショールズ（BS）の式（ヨーロピアン・コールオプションの価格） $f(S,t)$	$f(S,t) = S(t)N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2)$ $N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{u^2}{2}}du \quad (-\infty < x < \infty)$ 、 $d_1 = \frac{\log_e \frac{S}{K} + \left\{r + \frac{1}{2}\sigma^2\right\}(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ $d_2 = \frac{\log_e \frac{S}{K} + \left\{r - \frac{1}{2}\sigma^2\right\}(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$																									
	BSの式導出に関する3手法	①確率微分方程式 ランダムウォーク（酔歩） … 離散的確率過程 $E(X_i) = 0 \quad V(X_i) = (\Delta x)^2 = \Delta t$																								離散的確率積分	
		①確率微分方程式 ウィーナー過程（ブラウン運動） … 連続的確率過程 $\frac{dS(t)}{S(t)} = \mu dt + \sigma dz(t)$ ← 期待収益率 μ 、ボラティリティ σ は既知で定数														中心極限定理										ウィーナー過程確率微分	
		①確率微分方程式 伊藤の公式（伊藤のレンマ） 株価 $S(t)$ が $dS(t) = a(S,t)dt + b(S,t)dz(t)$ を満たすとき、金融派生商品の価格 $f(S,t)$ $df = \left(\frac{\partial f}{\partial S}a(S,t) + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}\left\{b(S,t)^2\right\}\right)dt + \frac{\partial f}{\partial S}b(S,t)dz(t)$																								ウィーナー過程確率微分	
		①確率微分方程式 2階偏微分方程式 $rf(S,t) = f_t(S,t) + \frac{\sigma^2 S^2}{2}f_{ss}(S,t) + rSf_s(S,t)$ 境界条件：$f(S,t) = \max\{S-K,0\}$ のもとで 変数変換 ⇒ 変数分離型 ⇒ フーリエ解析 の手順で微分方程式の解を導く！																									
		②二項過程モデル（CRR公式）の概説 多期間（ 期間）二項モデルにおけるコールオプションのプレミアム公式である CRR公式（＝Cox & Ross & Rubinsrein）を、 $n \to \infty$ （ $\Delta t \to 0$ ） で $C(S,t) = S(t)N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2)$ に収束することが示される。														2項分布→正規分布（中心極限定理）									
		③リスク中立評価法 $C = e^{-rT}E^*[\max\{S-K,0\}]$ リスク中立における確率 ＝ マルチンゲール確率														対数正規分布											
	グリークス（4つのギリシャ指標）	$\Delta, \Gamma, \Theta, \nu$ $\Delta = \frac{\partial f}{\partial S} = N(d_1)$ $\Gamma = \frac{\partial \Delta}{\partial S} = \frac{\partial^2 f}{\partial S^2}$ $\Theta = \frac{\partial f}{\partial T}$ $\nu = \frac{\partial f}{\partial \sigma}$																									

大分類	中分類	小分類（詳細）	中学数学				高校数学												大学数学								
Ⅱ．財務分析理論（コーポレート・ファイナンス、会計学等）			文字式	方程式	関数	確率・統計	関数・2次関数	代数方程式	相加平均≧相乗平均	三角関数	ベクトル	複素数	指数・指数関数	対数・対数関数	数列・無限級数	確率・統計	2次曲線	極限・微分	積分	線形代数	偏微分（最適化）	重積分	ベクトル解析	フーリエ解析（フーリエ級数・フーリエ変換）	常微分方程式	偏微分方程式	統計学・確率過程	ルベーグ積分
企業価値		株式の価値＋負債の価値	■																								
		企業が事業（既存＋将来）から生むキャッシュフローの現在価値	■																								
		企業が事業（既存＋将来）から生むキャッシュフローの現在価値＋リアルプション	■																								
企業価値	リアルオプション	NPV法では、不透明な環境の変化に合わせた柔軟な意思決定が困難な側面がある ⇒ デシジョンツリーなどを用いた「先延ばし・遅延」の意思決定													■	期待値											
	信用リスク	信用格付、情報の非対称性、倒産距離（Distannce to Default）、デフォルト確率														■											
資本コスト	加重平均資本コスト（WACC）	$WACC=\frac{D}{D+E}r_D(1-t)+\frac{E}{D+E}r_E$														加重平均											
資本構成	完全市場	法人税や取引コストなどのない市場世界	■	■																							
	MM理論	完全資本市場の下では、企業価値は資本構成の影響を受けない。	■	■																							
	最適資本構成	企業価値＝負債ゼロの企業価値＋節税効果の現在価値－倒産リスクの現在価値 ⇒ 企業価値が最大となる最適資本構成が存在する	■	■																							

Ⅲ．経済理論				中学数学				高校数学												大学数学								
				文字式	方程式	関数	確率・統計	関数・2次関数	代数方程式	相加平均≧相乗平均	三角関数	ベクトル	複素数	指数・指数関数	対数・対数関数	数列・無限級数	確率・統計	2次曲線	極限・微分	積分	線形代数	偏微分（最適化）	重積分	ベクトル解析	フーリエ解析（フーリエ級数・フーリエ変換）	常微分方程式	偏微分方程式	統計学・確率過程	ルベーグ積分	集合論・位相幾何	調査解析
ミクロ経済学	消費者の行動	効用関数 $u=U(x,y)$	消費から得られる個人の満足の程度を効用といい、消費量を変数にした効用関数は消費量に関して増加関数である。					■											■												
		限界効用	$U_x=\frac{\partial U}{\partial x}$, $U_y=\frac{\partial U}{\partial y}$ ← ある財を一定で他の財を変化させた効用の変化率																											
		限界代替率	$\frac{dx_2}{dx_1}=-\frac{\partial u}{\partial x_1}/\frac{\partial u}{\partial x_2}$ ← 無差別曲線（u＝一定）の傾き																											
		効用最大化問題	$\max_{x_1,x_2,\cdots,x_n} U(x_1,x_2,\cdots,x_n)\quad subject\ to\ p_1x_1+p_2x_2+\cdots+p_nx_n=m$																		ラグランジュ乗数法									
		需要関数 D_i	$x_i=D_i(p_1,p_2,\cdots,p_n,m)$ ← 消費量xが価格（p）と所得（m）の関数																											
		支出最小化問題	$\min_{x_1,x_2,\cdots,x_n} p_1x_1+p_2x_2+\cdots+p_nx_n\quad subject\ to\ U(x_1,x_2,\cdots,x_n)=u$																		ラグランジュ乗数法									
		補償需要関数 D_i^*	$x_i=D_i^*(p_1,p_2,\cdots,p_n)$ ← 消費量xが価格（p）の関数																											
	企業の行動	生産関数 $f(x)$	生産要素の投入量と生産量との間の関係を表す関数で、投入量xに対して生産量yとすると、Y＝f(x)で表される。					■											■												
		限界生産性 $\frac{dy}{dx}$	生産関数f(X)は、投入量Xに対して増加関数。すなわち $\frac{dy}{dx}=f'(x)>0\ (x>0)$																■												
		利潤最大化問題	$\frac{d\pi}{dq}=p-\frac{dC}{dq}=0$ ⇔ 価格p＝限界費用 $\frac{dC}{dq}$																■												
			$\max_{y_1,y_2,\cdots,y_n} p_1y_1+p_2y_2+\cdots+p_ny_n\quad subject\ to\ f(y_1,y_2,\cdots,y_n)=0$																■		ラグランジュ乗数法									
		供給関数 S_i	$y_i=S_i(p_1,p_2,\cdots,p_n)$ ← 生産量（y）が価格（p）の関数																											
	市場均衡	交換経済	財が生産されることなく個人間で財の交換（市場での売買）だけ行われる経済		連立方程式																ラグランジュ乗数法									
		生産経済	交換経済では生産活動は行われないが、生産経済では企業によって財が生産される		連立方程式																ラグランジュ乗数法									
		経済厚生	交換経済＆生産経済における実現する状態は効率的（パレート最適） ⇒ 厚生経済学の基本定理																		ラグランジュ乗数法									
マクロ経済学	（マクロ経済学で使われる）経済変	算出量と所得	所得＝産出量	■																										
		支出	消費C、投資I、貯蓄Sとして、 Y＝C+I, Y＝C＋S ⇒ I＝S 所得＝算出量Y＝支出 ⇒ 三面等価の原理	■	■																									
		物価水準	GDPデフレクター ＝ 名目GDP／実質GDP	■																										
		利子率、 貨幣	利子率＝債権利子率 ， 貨幣供給量M、貨幣需要量L	■																										
	ケインズ体系	財市場の需給均衡	$Y=C(Y)+I(i)\quad(+G)$ ， $S(Y)=I(i)\quad(+G)$	■	■																									
		IS曲線	上式における Y（横軸）と i（縦軸）の関係を示した曲線で、右下がりの曲線になる					■											■												
		貨幣市場の需給均衡	$L(Y,i)=\frac{M}{p}$ ← p：物価水準																											
		LM曲線	上式における Y（横軸）と i（縦軸）の関係を示した曲線で、右上がりの曲線になる					■											■												
		有効需要の原理	IS曲線とLM曲線の交点において算出量Yと利子率iが決定され、このYは総需要になる。この総需要に見合った供給を生み出すの＝「ケインズの有効需要の原理」			■																								
	財政政策と金融政策	財政政策	政府が政府購入G（政府が購入する財やサービス）を増加させることで IS曲線を右へシフトさせる⇒利子率iは上昇、産出量Yは増加する。																■												
		財政政策乗数	$\frac{\partial Y}{\partial G}$ ← 政府購入Gが産出量Yに与える効果																											
		金融政策	日銀が貨幣供給量Mを増加させることで LM曲線を右へシフトさせる⇒利子率iは下落、産出量Yは増加する。																■												
		金融政策乗数	$\frac{\partial Y}{\partial M}$ ← 貨幣供給量Mが産出量Yに与える効果																											
	投入産出分析 （マクロ分析とミクロ分析の中間）	産業連関表	経済を複数の産業に分類し産業間の関係を表した表（算出合計＝投入合計）	集計																										
		レオンチェフ行列 $I-A=B$	投入行列をA、とする。このとき $(I-A)\mathbf{q}=\mathbf{c}$ ， $\mathbf{p}(I-A)=\mathbf{v}$ より $\mathbf{p}B\mathbf{q}=\mathbf{pc}=\mathbf{vq}$ が成り立つ。 これは三面等価の原則を示す。								■																			
		ホーキンズ・サイモンの条件	$B\mathbf{q}=\mathbf{c}$ ← （$\mathbf{q}$：算出量、$\mathbf{c}$：最終需要をそれぞれ表す縦ベクトル）								■																			
			任意の非負の最終需要ベクトル$\mathbf{c}$に対して、上式を表すqが非負の解をもつための条件をホーキンズ・サイモンの式をいう。								■																			
			レオンチェフ行列Bの主行列式が全て正である																											
ゲーム理論	戦略形ゲーム	利得表・利得関数	利得の数値化、プレイヤーや戦略が多くなってくると利得は表（行列形式）で表すのが困難になって、利得関数で表すようになる。	四則演算				■																						
		純粋戦略・混合戦略	純粋戦略ではナッシュ均衡が存在しないこともあるが、混合戦略まで考えるとナッシュ均衡は必ず存在する。																											
	ナッシュ均衡	非協力ゲームの解でどのプレーヤーも自分の戦略を変更することによってより高い利得を得ることができない戦略の組み合わせをナッシュ均衡という。 ナッシュは角谷静夫による角谷の不動点定理を一般化し、「n人有限ゲームには、最低でも一つの均衡点、つまりプレーヤーが相互に最適な戦略を取り合って手を変えない状態（ナッシュ均衡）が存在すること」を証明した。																										集合値関数	不動点定理
		ブラウアーの不動点定理	あるベクトルの集合X に対し、集合 が凸集合でかつ有界閉集合であるなら、集合Xを定義域とし、値域も同じ集合 に含まれる連続関数は必ず不動点をもつ。																										不動点定理
		角谷の不動点定理	あるベクトルの集合X に対し、集合 が凸集合でかつ有界閉集合であるなら、集合Xを定義域とし、値域も同じ集合 に含まれる集合値関数は必ず不動点をもつ。																									集合値関数	不動点定理
	パレート最適（パレート効率）	囚人のジレンマで出てくる現象。パレート最適な配分（ミクロ経済学）＝他の個人の効用を下げなければ、どの個人の効用も上げることができない状態																											
	繰り返しゲーム	同じゲームが繰り返しプレイされるダイナミックなゲーム													■														
	展開型ゲーム	時間とともに進行していくゲーム														期待値、ツリー													