－地球温暖化メカニズム－　　07/12/29^31

温暖化の準定量機構と基礎も紹介、焦点は**地球冷却放射係数σ（温暖化ガス,）に集約**、**最大深刻点**は**温度上昇が温度上昇に作用する自発暴走化機構**、．．．．．．．付録で天気予報数値解析基礎にもなるClay社100万＄懸賞金流体方程式を紹介。流体は分子ミクロ反応性に起因して方程式解は**0確率実現現象**＝″カオス″で本質的に完全決定(安定)性がない。

＊ 参考資料：http://www.wit.pref.chiba.jp/_kikaku/kouza/2005/youshi/HP0602/060225yamaji1.Pdf

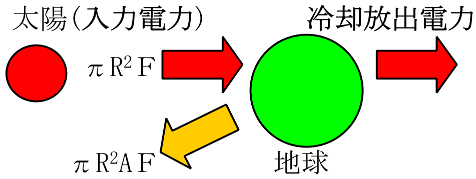
❶温暖化ガス排出による地球温暖化の機構：

①**大気天候運動に影響をもたらす地球温度主因は太陽熱、人工火力など全くの超微小。**

(a)**太陽放射熱F**（太陽定数）＝1368W/m^{2}が主因！。地球半径R＝1.5X10^{11}mとして地球半面に反射せずに透過して地上に注ぐ電力量Pは以下の値。2003年世界の年間総エネルギ量は**石油換算**L=9890058X1000t,毎秒消耗量P$_w$=314ton/s,満タンタンクロリー車30台の量の油が1秒消耗を想像下さい、2002年日本電力総量＝1.2×10^{12}KWh＝1400万KW/sec, 4000万世帯の２４時間平均値での0.3KW/secと考えれば間違いとも見えない、いずれにしても「**太陽熱Pの超強大さから見れば全く桁違いの塵以下の量にすぎない!!!**」.

＊ $P=\pi R^2(1-A)F=\pi(1.5\mathrm{X}10^{11})^2\times(1-0.3)\times 1368\mathrm{W/m^2}=$**6．8X10^{25}W.**

下図は太陽熱Pが地球を熱し、かつ地球も外部と熱平衡化した時の温度模型、但し以下では地球の冷却熱放射阻害温室効果ガス不在の地球温度＝-18度C、大変寒い！.



大気圏表層反射電力

<<空洞輻射模型>>

(1) $4\pi R^2\sigma T^4=\pi R^2(1-A)F$：**空洞輻射模型。**
(2) $T_0=[(1-A)F/4\sigma]^{1/4}.=255(-18$度C).

A(反射能アルベド)＝0.3、F（太陽定数)＝1368W/m^2.
$\sigma=5.67\mathrm{X}10^{-8}\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$.(Stefan Boltzmann定数)

(b)太陽熱は超巨大だから熱放射がないと地球は直に焼けてしまう。即ち一般問題として、

(1) $\pi R^2(1-A)F = 4\pi R^2\sigma T^4$。　:**空洞輻射。**
「入射太陽熱量＝地球放射熱」で昼夜出入り収支はマクロに必ず平衡化する。それが(1)。

地表，大気圏状態が変化したとしても**昼夜出入り収支は必ずマクロに平衡化する。**
問題はもし温室効果ガスが蓄積すると**σ実効値が低下**、その補償として地球温度Tを上げないと収支不可能になるので必ず温度上昇する。**常識としても温度が高い程に冷えやすい＝熱が外に逃げやすいからだ**。温度上昇こそが問題を招くのだ。

②冷却放射比例係数 σ ⟶ σ （1−B）と温暖化ガスによる低下異常が起こると、温度Tを上げないと収支平衡できない事態に！!。

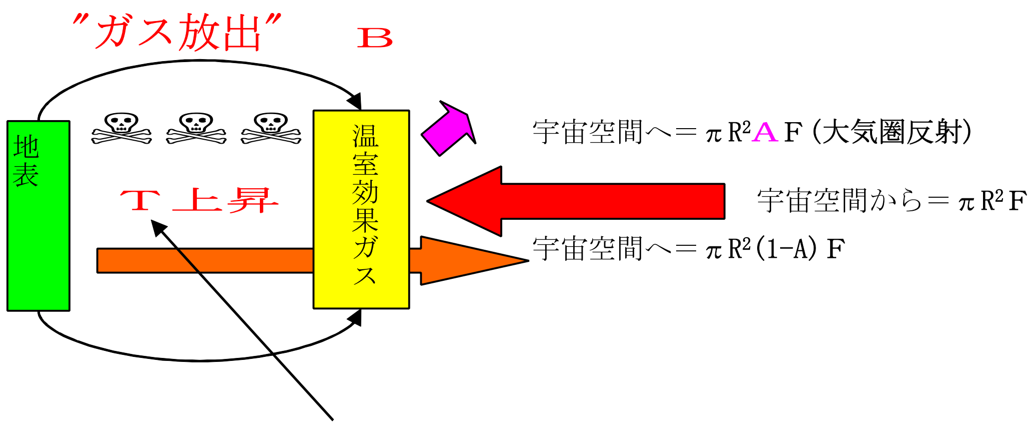
(2) $\pi R^2 (1\text{-}A)F = 4\pi R^2 \sigma (1\text{-}B) T^4$。 ：空洞輻射（詳細は❷）。 「入射太陽熱量＝地球放射熱」で昼夜出入り収支はマクロに必ず平衡化する。それが(1)。

入射する太陽光熱総量の左辺は不変、然るにσがσ(1-B)と低下すると補う為に平衡温度Tが上昇せねば入射＝放射の入出バランスが取れない事になる！。

$T/T_0 = [1/(1\text{-}B)]^{1/4} = 288/255. \rightarrow B = 0.39$

(3) $T = [(1\text{-}A)F/4(1\text{-}B)\sigma]^{1/4}. = 288$（現状世界の平均温度 15 度 C）.

下図は上記の宇宙に向かうべき放出電力が温室効果ガスで反射した場合を想定。
反射係数が現状のB=0.385. もしこれが 0.05up のB=0.435 でT=294 度C(21 度C).
「現状 6 度 up では地球は地獄に成るとされる !」。
「もしB=0.385→0.395 だと T=289 度C」。「もしB=0.385→0.485 だと T=301 度C」。



(3) $T = [(1\text{-}A)F/4(1\text{-}B)\sigma]^{1/4}$

誤解なき事は、太陽熱流入＝地球冷却放射量は常にマクロでバランス，問題はバランス点の温度Tにあり，<u>それが大気運動暴走の可能性を秘める事！</u>。反射能＝Aをいじくるには地球上空に超日傘が必要になる（暴走が判った場合の最後の傘！）。

❷上記議論の基礎物理背景：

①上記(3)式の導出：

地球に入射する$\pi R^2(1-A)F$が完全黒体から、擬似黒体に放射効率$\sigma\to\sigma(1-B)$に落ちるのが**温室効果ガス作用！**。その結果の平衡式は以下になる。

(2)　$4\pi R^2\sigma(1-B)T^4=\pi R^2(1-A)F$。→　$4\sigma T^4(1-B)=(1-A)F$。→(3)。

②熱力：「σ → σ（1−B）の背景基礎問題」。

(a)**熱力学第１法則**：$dU=TdS-PdV$。　<$dQ'=TdS, dW'=-PdV$>。

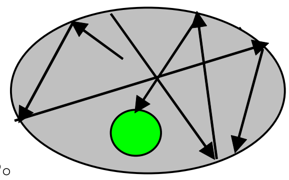
(b)**熱力学第２法則**：$\oint dQ'/T=\oint dS=0$．<Ｓの状態変数化>

自由エネルギ$A\equiv U-TS$.→　$dA=-PdV-SdT$。

$\to P=-(\partial A/\partial V)_T$.　$\to S=-(\partial A/\partial T)_V$.

(c)　　　　$\to(\partial S/\partial V)_T=-(\partial^2 A/\partial T\partial V)=(\partial P/\partial T)_V$.

③空洞放射平衡模型の熱電磁力学と Stefan Boltzmann 法則：



(a)左図玉子は内部に電磁波が**反射熱平衡**した体積Ｖ系、緑地球が時間平均一定温度Ｔにあるとの模型を想定してる。

(b)$U=Vu$＝電磁エネルギ密度ｕの体積分値。$u=\frac{1}{2}(ED+HB)$.

(c)電磁場 stress tensor の議論から電磁場面には圧力Ｐが存在。$P=u/3$。

$f=\rho E+j\times B=E\,\mathrm{div}D+(\mathrm{curl}H-\partial_t D)\times B$.

$F\equiv\iiint dv\,f=-\varepsilon\mu\iiint dv\,\partial_t(E\times H)+\oiint[\varepsilon E(E\cdot dS)-\frac{1}{2}\varepsilon(E\cdot E)dS]$

$+\oiint[\mu^{-1}B(B\cdot dS)-\frac{1}{2}\mu^{-1}(B\cdot B)dS]$。

電荷電流, **$F=0$ 輻射空間の$N\equiv(E\times H)$運動量流変化に寄与するdS面を介した**圧力Ｐが stress tensor.　$dU=-PdV$と３次元性の仕事を考慮すれば$P=u/3$。

(d)上記②(a)(c)から次ぎの関係式を得る。

$dU=TdS-PdV$. $\to(\partial U/\partial V)_T=T(\partial P/\partial T)_V-P$.

$U=Vu$,　$P=u/3$ を使用すれば　$u=T(1/3)du/dT-u/3$.　→　$du/u=4dT/T$

(d)→　$u=\sigma T^4$。

この結論は反射壁物質を選ばない法則。問題対象とする系は**準平衡系だから放射流入出はｕで等しく，太陽が決めてる！!**。

(e)「**但し比例係数σ減少こそが地球温度上昇Ｔを決めてしまう大問題になる！!!!!**」。

σ(B)以外にも反射能Ａの問題もあるかとおもいます。

❸暴走温室効果：〈温度上昇が地球の実効的σを自走変動させる致命問題〉

筆者現状では情報把握にないが伝聞によれば、温度上昇が地中や海中に眠る温暖化ガスを放出する問題が懸念されてる。典型は海中に大量にあるメタンハイドレード、いわゆるバミューダー沖トライアングルで船を海中に引き込む巨大泡、シベリア凍土にあるとも言うメタン層,一度通うな現象が始まると、**正帰還効果がおきて温度上昇が人為でなく自然に暴走してしまう。こうなると人為では引き返しが効かない最悪事態に突入！**、Web site には地球外惑星での暴走温室効果現象の言及もある。専門家の学術論文もあります。

－参考書－

⑴原島鮮、熱統計力学,培風館、1966.

⑵Nunzio Tralli,Clasical Electromagnetic Theory,Magrawhill,1963.

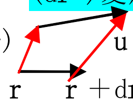
付録：Navier-Stokes 方程式：

天気予報数値解析基礎にもなる流体方程式基礎を紹介。質量密度時空間依存項欠落では一時愕然。流体はミクロには**分子反応系**で，それは量子論視点では厳格に**確率過程**になる。**その決定論存在であるはずの標本過程は確率(あの矛盾存在の実数値) 0** だから，**本来的には非可観測**、それがカオス本質、方程式が正しければ解はカオスで本質的に**完全決定性**がそもそもない。本付録も未完成、今後機会を見て修正補足予定。

❶連続体の変形と歪 tensor の概念借用：

⑴弾性体，流体等に力が印加さえると物体内の仮想物差し vector≡dr に変形が起こる．
変形前の位置 vector≡dr が変形後に dr’ に成る事は「**伸縮と回転の合成**」になる。
伸縮は体積増ＰdV で圧力Ｐに関係し，面ずれでは粘性力Ｑに関係する。

⑵ (dr’)変形後：



$u(r)$ $u(r+dr) = u(r) + dr\cdot grad(u) = u(r) + ½ curl u \times dr + \varepsilon\cdot dr.$

r r＋dr 〈回転〉 〈歪項〉

(dr)変形前：

⑶長さ変化： $dr\cdot grad(u)|_k \equiv dr_l\,\partial_l u_k \equiv \Sigma_{l=1}^{3} dr_l\,\partial_l u_k.$ 〈☞:反復添字 l は和を取る〉

$½ curl u|_m \equiv ½(\partial_k u_l - \partial_l u_k) \equiv \omega_m.$ 〈k, l, m は循環添字〉

$½ curl u \times dr|_k = [\omega_l dr_m - \omega_m dr_l] = ½[(\partial_m u_k - \partial_k u_m) dr_m - (\partial_k u_l - \partial_l u_k) dr_l]$

$= ½[(\partial_m u_k dr_m + \partial_l u_k dr_l) - (\partial_k u_l dr_l + \partial_k u_m dr_m)]$

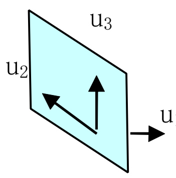
歪 tensor： $\varepsilon_{kl} dr_l \equiv ½ \Sigma_{l=1}^{3} (\partial_k u_l + \partial_l u_k) dr_l$ ↕相殺

$= ½ \Sigma_{l=1}^{3} \partial_l u_k dr_l + ½ \partial_k u_k dr_k + ½ \Sigma_{l\neq k=1}^{3} \partial_k u_l dr_l$

⑷**体積伸縮変化**：$dV' \equiv (1+\varepsilon_{11})(1+\varepsilon_{22})(1+\varepsilon_{33}) dx_1 dx_2 dx_3$

$(dV' - dV)/dV = \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = div u.$ ☞:dVＰで圧力類似効果に作用。

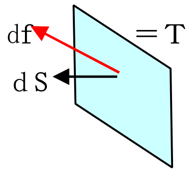
⑸ **ε の非対角線要素は体積変化のない変形≡面間の引きずり、摩擦粘性力**を意味する。



$\varepsilon_{kl} \equiv ½(\partial_k u_l + \partial_l u_k)$

「u_2 の u_3 方向の変化が $\partial_3 u_2$, と言う事は u_3 垂直面内で
引きずりがある事になる。ずれ粘性効果！、$\partial_2 u_3$ も同様」。

(6):以下の「**tensor 応力**」＝df は要素面 vector＝dS に作用する行列量 $T_{kl}(x_1, x_2, x_3)$ で表示されるが, tensor その物の定義は座標変換での振舞いから定義される。df＝T・d S.
「だから tensor 力は d S の長さを伸縮すると同時、回転操作になる」。df は**面垂直成分**(圧力的) と**面並行成分**(摩擦的、粘性力的) に分解できる事に留意されたし」。



＝T・d S.

❷流体の運動方程式：

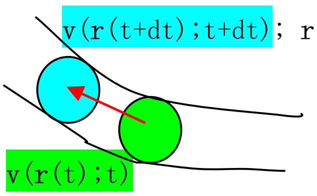
(1)**速度場と加速度式**：

(a)**流体速度場**：v＝v(r;t).

(b)**流体運動上観測点での加速度**(Euler の見方)：

$$\alpha_1 = dv_1/dt = \partial_t v_1 + \Sigma_{k=1}^{3} \partial_t r_k \partial_k \cdot v_1 \equiv \partial_t \mathbf{v} + (\mathbf{v}\cdot\nabla)\mathbf{v}|_1 \equiv D\mathbf{v}/Dt|_1.$$

(c)上記加速度で「NS 方程式**最大お荷物の非線形項**≡(v・▽)v」が出てしまうのだが、
運動方程式加速度は**同一の規定物体**の t, t+dt の 2 点間での観測値にて定義されるので,
下図関係で v(r;t)、v(r(t+dt);t+dt)を時間微分せねばならない。
しかるに r(t+dt)＝r(t)＋v(t)dt で位置座標も時間変動してるので、
それも時間微分の必要がある事に由来している。



; $\mathbf{r}(t+dt) = \mathbf{r}(t) + \partial_t \mathbf{r}(t)dt = \mathbf{r}(t) + \mathbf{v}(\mathbf{r}(t);t)dt.$

$$\alpha = [\mathbf{v}(\mathbf{r}(t+dt);t+dt) - \mathbf{v}(\mathbf{r}(t);t)]/dt$$
$$= dt[\partial_t \mathbf{v} + \Sigma_{k=1}^{3}(\partial_t r_k \partial_k)\cdot\mathbf{v}]/dt = \partial_t \mathbf{v} + (\mathbf{v}\cdot\nabla)\mathbf{v}.$$

☞：本当の力学式にするには**運動量密度** $p \equiv \rho(\mathbf{r};t)\mathbf{v}(\mathbf{r};t)$ を時間微分せねばならない。
質量密度の Euler 的時間微分項が付加して来る事に注意！

$$dp/dt = [\rho(\mathbf{r}(t+dt);t+dt)\mathbf{v}(\mathbf{r}(t+dt);t+dt) - \rho(\mathbf{r};t)\mathbf{v}(\mathbf{r};t)]/dt$$
$$= \rho[\partial_t \mathbf{v} + \Sigma_{k=1}^{3} v_k \partial_k \cdot \mathbf{v}] + [\partial_t \rho + (\mathbf{v}\cdot\nabla)\rho]\mathbf{v} \equiv D(\rho\mathbf{v})/Dt.$$

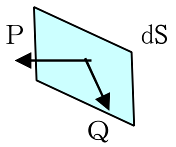
$$\rho(\mathbf{r}(t+dt);t+dt) = \rho + dt[\partial_t \rho + \Sigma_{k=1}^{3} \partial_t r_k \partial_k \cdot \rho] = \rho + dt[\partial_t \rho + (\mathbf{v}\cdot\nabla)\rho].$$
$$\mathbf{v}(\mathbf{r}(t+dt);t+dt) = \mathbf{v} + dt[\partial_t \mathbf{v} + \Sigma_{k=1}^{3} v_k \partial_k \cdot \mathbf{v}] = \mathbf{v} + dt[\partial_t \mathbf{v} + (\mathbf{v}\cdot\nabla)\mathbf{v}].$$

上記意味で従来議論は密度時空変化を無視、それが非圧縮流体の仮定？！.

⑵[流体力学基礎方程式はF＝d(mv)/dt の古典力学運動方程式に由来する]：
古典力学方程式は少なくとも可逆定常過程量子力学の統計平均値として成立、
<Ehrenfest 定理>。<u>だが情報喪失過程である不可逆過程では難しいと思われる</u>。

時空座標点 r(t) での体積密度力 f(r;t)：
　$f(r;t)$＝単位質量に働く外力K(重力等)＋tensor 応力T≡ $\rho K + \mathrm{div} T$.

⑶体積密度力としての tensor 応力≡div[T≡P＋Q]：



面要素垂直の力＝圧力P.　　$P_{jk} = -[P + \mu\,\underline{\mathrm{div} v}]\,\delta_{jk}$
↑流体膨張<❶⑷参照>
☞：体積膨張係数がなぜ粘性係数μ？
　流体が体伸縮で滑り沁み出す効果？！

⑷面並行ずれの力＝粘性力≡divQ：　　$Q_{kl} = \mu\ \varepsilon_{kl} = \mu\,(\partial_k v_l + \partial_l v_k)$.
　❶⑸を参照すれば了解。

⑸面 tensor 力Tの体積力 f への変換：T≡P＋Q.

$$t_k \equiv \oiint T_{kl}(x_1, x_2, x_3)\,dS_l = \oiint \langle T^k(x_1, x_2, x_3)\cdot dS\rangle = \iiint dv.\ \mathrm{div}\,T^k(x_1, x_2, x_3)$$
$$= \iiint dv\,\partial_l T_{kl}(x_1, x_2, x_3)。\quad \Rightarrow \quad f_k = \partial_l T_{kl}(x_1, x_2, x_3).\qquad ☞:\langle \mathrm{div}[T]_k \equiv \partial_l T_{kl}\rangle$$

⑹一般的な Navier. Stokes Equation：$\langle[\partial_t v + (v\cdot\nabla)v] \equiv Dv/Dt\rangle$
$$\rho\,Dv/Dt \equiv \partial_t v + (v\cdot\nabla)v = \rho K + \mathrm{div}[T].$$

⑺非粘性非圧縮性流体：$P_{jk} = -p\,\delta_{jk}$。
$$\rho[\partial_t v + (v\cdot\nabla)v] = \rho K - \mathrm{grad} P.$$

⑻粘性圧非(?)縮性流体：$P_{jk} + Q_{jk} = -[P + \mu\,\mathrm{div}v]\,\delta_{jk} + \mu\,(\partial_j v_k + \partial_k v_j)$.
$\mathrm{div}[P]_j = \partial_k P_{jk} = -\partial_k[P + \mu\,\mathrm{div}v]\,\delta_{jk} = (-\mathrm{grad}P - \mu\,\mathrm{graddiv}v)|_j$.
$\mathrm{div}[Q]_j = \mu\ \partial_k(\partial_j v_k + \partial_k v_j) = \mu\,\mathrm{graddiv}v + \mu\,\nabla^2 v|_j$.　圧縮項の相殺？！.

$$\rho[\partial_t v + (v\cdot\nabla)v] = \mathrm{div}[T] + \rho K = \mu\,\nabla^2 v - \mathrm{grad}P + \rho K.$$

⑻　$\rho[\partial_t v + (v\cdot\nabla)v] = \mu\,\nabla^2 v - \mathrm{grad}P + \rho K$.　<Navier. Stokes Equation>。

⑼NS 方程式を眺める：

$\partial_t v = \mu \nabla^2 v$ ならば**不可逆拡散方程式**であり、情報喪失過程だから過去運動履歴を消去作用がある(**カオス性**)。$\rho \partial_t v = -\mathrm{grad} P + \rho K$. ならば(**因果的)単純質点運動**、前者と相反。

$\partial_t v = -(v \cdot \nabla) v$ の非線形力？,非線形性は他力外部入力無用の**自己自己相互作用力**、

正帰還(発振増大)も負帰還(発振減少)もあり得る。最も早く(v),且つ変化が激しい∇v 成分が流速負帰還緩和に作用する力？、$[\partial_t \rho + (v \cdot \nabla) \rho] v$ の密度時空変動性も負帰還緩和する力になる？。もしこの負帰還性が逆転すると乱流、渦竜巻になるのかも知れない・

「いずれにしてもＮＳ式は確率も因果律も、線形も非線形も何もかも盛り込んだ森羅万象方程式で,100 年の仕事になる事が察しられます」。、大気運動になれば水蒸気－雨雪の局所的物質相転移もあり,海洋では高速移動マクロ伝播津波もあり、................. 。

❸連立構成式：

「NS 方程式⑻は未知数 v、密度ρ、圧力Ｐを 3 個(5 成分)持つので、**全変数決定**には
多元連立式化が必要になる」。

①**連続方程式(質量保存法則)**：

$d\rho/dt + \mathrm{div}(\rho v) = 0$. <密度変化があると非圧縮性だが？>

②**状態方程式**：<「**温度Ｔ**」が新たに変数化>

$PV = nRT$. → $P = (n/V)RT = (R/m)\rho T$.

R：気体定数＝8.31J/deg.mol、ｎ:物質量(mol),T：絶対温度、

＊　1mol＝6.02×10^{23} 個の分子数(Avogadro 定数).常温上圧で 22.4l の気体量。

③気温Ｔを含んだ上記とは独立の拘束式(現状筆者には不明)：

熱力学関係式では更に entropy 等の変数多数が出現してしまう。

❹エネルギー定理：

エネルギー定理は運動方程式を空間積分して得るので独立式にはならない。

－参考書－

⑴田辺，新楽、権平編、共立-物理学公式集、共立出版、1970.

⑵山田道夫、大気と海の流体力学,2007,

http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kenkyubu/kokai-koza/pdf/yamada.pdf