

体積密度および弾性特性で記述する圧力

——重力で考察する流量——

A LIFE COM. バイオ研究室

富岡和人

1 まえがき

流量が計算できることで、密度を使用して他の物理量を知ることができる。電磁力を記述するのに電気量を使用する。重力を記述するのに質量を使用する。慣性質量は質点の持つ全エネルギーに等価になることを特殊相対性理論で導出している。エネルギーには運動エネルギー、ポテンシャルエネルギーおよび内部エネルギーを仮定できる。原子モデルの原子核の周りを移動している電子の電気量と陽子の電気量との間に作用する電気力で生じる運動エネルギーおよびポテンシャルエネルギーであるものと仮定できる。運動エネルギーを説明するのに慣性質量を記述する。結合するのにエネルギーを使用しているものと仮定する。結合している物質が初期の位置から少しずれると、元に戻ることがある。この元に戻る特性は、物質が電磁力で結合していることで復元する能力を持つことを説明できる。復元するのに力が作用する。その復元力は、重力を作用させることができるものと仮定できる。重力は、質量および加速度で説明できる。加速度座標系が重力場に静止している座標系に等価になることを一般相対性理論で仮定する。物質の復元する能力は、物質の輸送する特性に応用できる。このような輸送では、情報を伝達することもできる。

復元力に関する弾性特性の応用は、生体の制御にも考えることができる。心臓血管系および脳神経系については顕著に観察できる。心臓血管系では、血液の輸送を心臓および血管の弾性特性に説明できる。脳神経系では、イオンの輸送をすることで電気信号を生じさせる。そのイオンを輸送するのに細胞膜で通過させるイオンを選択する。膜の穴の大きさを変化させることで、イオンの選択が可能になるものと報告される。膜の穴を通過するイオンは、圧力差で移動するものと仮定できる。このことでは、圧力が生じることで細胞内の復元力が作用して細胞が元の状態に戻る能力を持ち、細胞の活動を保ちイオンを選択する細胞膜の穴の制御が可能になるものと考えられることができる。このことでは、心臓および血管ほど弾性特性が強調されるものではない。液体の輸送で、電気が生じることで脳神経系の活動が説明できる。この脳神経系の活動で、心臓血管系も制御されることがある。智力の研究に関係する物質の運動である。その運動は、そのような復元する能力を基礎として生じることになる。

智力の研究には、智慧が関係する。智慧は我々の心に眼目げんもくを与える。十界を観ずるのに、我々の心で観ずる。観ずるのに用いる眼目は、如来の壽命となる無上道の妙法になるものと一仏乗の大乘に学ぶ。無上道の妙法は、十界の最上階である仏界の頂上に頂く本尊からのものであると信解することを讀んだ記憶がある2019年現在の著者である。

時空に心臓血管系および脳神経系を説明でき、時間および空間が無い世界に心を仮定できることを著者が独自に構築している心のモデルで説明する。心臓血管系では、著者の専攻である心臓血管系の回路モデルを基礎として解析を考える2019年現在の著者である。脳神経系では、心臓血管系の回路モデルを基礎として脳神経系の回路モデルの構築に応用を考えることができる。このような回路モデルでは、回路として方程式を導出できる。その導出された方程式を基礎として、微視的スケールでの時空の基礎物理学での説明を記述できることを仮定できる。このことでは、回路として設計できる情報処理の説明のみではなく2重性を考慮した情報処理を巨視的なスケールである宇宙の規模で計算できる。宇宙の規模に生体内の情報処理を関係付けることができる。時間および空間の無い世界に仮定する心が無始無終で存在することは、著者が独自に構築する心のモデルで説明している。心が無始無終で存在し宇宙が生滅するものと仮定している著者の心のモデルである——心のモデルは2019

年現在の言葉で記述するモデルである。——。このような研究では、正しく現象が生じているものかの判断をするのに応用できる。大善および大悪との関係を考え、時空での物理学の観察対象となる現象に善悪の区別を心に生じさせることができる。

2章では、アインシュタインの特殊相対性理論の慣性座標系での変換を説明する。光速不変の原理を公理にする慣性座標系上での計算で体積の変換式を導出する。体積の変換式を3章および4章で応用する。

3章では、電気量の密度の変換式を導出している。電気量は、電磁力を記述するのに使用する。電磁場の変換が可能である特殊相対性理論の慣性座標系上での計算を導入するのに基礎的な課題である電気量の体積密度の変換式であるものと扱える。電気量の体積密度に体積を掛けることで、電気量を計算できる。

4章では質量の密度の変換式を導出している。質量は、重力を記述するのに使用する。重力を記述するのは、アインシュタインの一般相対性理論の加速度座標系を導入する計算である。慣性質量が質点の持つ全エネルギーに等しいことを特殊相対性理論で説明している。慣性質量は重力質量に等しいことを一般相対性理論で説明している。質量を計算できることで、エネルギーおよび重力の計算ができる。

5章では、3章および4章で導出した体積密度を使用して、物質の弾性特性に関する説明をしている。弾性特性は、一般に心臓血管系に観察できる。弾性特性を持つ物体から流体に力を作用させることで、流体が移動することを説明できる。このようなことは、心臓血管系および脳神経系に応用できる。著者が独自に構築した心臓血管系の回路モデルの説明をする。この回路モデルの説明では、著者が独自に定義したコンプライアンス、流れの抵抗および血流量の説明をする。そのような説明に使用する圧力についても説明をしている。流体を質点系として扱う場合にも触れて、質点系のエネルギーの保存則での計算についての考察をしている。流体については液体の場合のみではなく気体の場合にも触れている。気体の場合には理想気体の状態方程式での説明である。

5章1節では、質点系のエネルギーの保存則および熱力学系の第一法則であるエネルギー保存則を使用している。粒子としての計算では、質点系のエネルギーの保存則を扱い微視的スケールに及ぶ計算である。巨視的スケールでは、熱力学系を導入した熱の伝達を導入できる。巨視的スケールでは宇宙の規模にも応用できる質点系および熱力学系である。生体内の情報処理にも考え、さらに微視的スケールの計算を記述できる。生体内の重力場を一般相対性理論で説明できるようになる著者の回路モデル——心臓血管系および脳神経系についてである。——である。このことでは、2重性を導入できる。2重性の導入では、真空中の光の速さを超える場合の考察にも及ぶことができる。

5章2節では、著者が独自に構築した心臓血管系の回路モデルを応用した慣性質量の計算を説明している。心臓血管系の回路モデルで定義した正味の血流量および血流を使用した考察である。生体内の質量の分布および変化率を計算できることで、生体内のエネルギー分布を質点系および熱力学系で計算できる。さらに、重力の計算ができるようになる。このことでは、生体内の物質の輸送に関する内圧の計算に及ぶ。その計算では、著者が独自に定義したコンプライアンスの応用にもなる。コンプライアンスの制御では、容積および内圧の制御に関する。そのような制御が質量にも関係することを説明している。

5章3節では、生体内での物質の処理が生体外での物質の運動に関することを考察する。智慧および物質について議論して有情の心が時空に無いことで、有情の心に作用する力について考える。有情の心に作用する力を仮定して、その力が不動の法で生じることについての考察である。時空での議論のみではなく、無始無終で時間および空間の無い世界に触れる。そのような議論に、アインシュタインの特殊相対性理論および一般相対性理論を応用して考察する。

6章では、時空での物質の運動が正しく生じているものかを考える。理論物理学の現象には、善悪の差別は説

明されていないものと扱える。無始無終で心が存在して宇宙が生滅するものと仮定することで、善悪の差別に結びつけることが可能になる。善悪の議論では、著者が独自に構築している心のモデルを使用している。時空での現象を観察することで、世間に支配している正しい差別の議論と自然科学とを融合させた研究になる。

付録 i では、ガリレイ変換の不変性について説明している。付録 ii では、連続の方程式についての説明である。連続の方程式は電磁気学および流体力学で使用できる。このことは、質量の保存則とも関係が有る。質量の保存則とエネルギーの保存則は、特殊相対性理論で慣性質量およびエネルギーの等価性でひとつの式で記述できるようになった。付録 iii では、熱力学系での理想気体を使用した運動論で導出できる圧力の説明である。微視的スケールの巨視的スケールである熱力学系の圧力についての説明である。

文献 1 はニュートン力学の相対性理論および絶対空間についての説明である。ニュートン力学の絶対空間および絶対時間では、ガリレイ変換を使用した相対性理論である。1990年現在に大学で教科書として使われていた和書の基礎物理学では、絶対空間および絶対時間についての説明が見当たらないことが有った記憶のある著者である。そのような絶対空間はアインシュタインの特殊相対性理論を理解するのに使用する。このようなことで、ガリレイ変換および絶対空間についての説明をしたファイルである。

文献 2 は、アインシュタインの一般相対性理論で慣性力および加速度についてのファイルである。著者の専攻である心臓血管系の回路モデルを応用した生体情報処理について使用する計算である一般相対性理論の説明である。著者が独自に構築している脳神経系の回路モデルおよび心のモデルを統合する場合にも使用するものである。

文献 3 では、特殊相対性理論のエネルギーの変換についてのファイルである。質点の持つ全エネルギーの式である慣性質量およびエネルギーの等価性を示す式を導出している。静止質量の定義を著者が独自に与えている。その静止質量の定義式を導出しているファイルである。本書の 5 章 1 節で説明している振動数の変換式も導出しているファイルである。

文献 4~文献 7 では、著者が独自に心のモデルを構築している。我々の心は無始無終に存在し、時間および空間の無い世界に存在するものと仮定している 2019年現在でも著者が使用している心のモデルである。文献 7 では、1年生の基礎物理学の初めの方から特殊相対性理論および一般相対性理論の導入についてのファイルである。文献 22 で、著者が独自に導出した一般の粒子と波の 2 重性がある。その 2 重性については、ニュートン力学が近似値になることについての検討をしている。

文献 8 は、CODATA のファイルである。本書で使用している真空中の光の速さ——SI の値のものでもある。——、電気素量およびプランク定数は文献 8 のものである。

文献 9 は特殊相対性理論での速度の変換を導出しているファイルである。本書の 2 章での体積の変換に関する長さの収縮についても導出している。

文献 10 は、電流、電流密度および連続の方程式についての説明をしているファイルである。マクスウェルの方程式系についても説明をしている。

文献 11 は、著者が特殊相対性理論を学んだ本である。本書では 3 章での電気量の密度の変換および 4 章での慣性質量の密度の変換の導出について参考にさせていただきました。

文献 12~文献 13 は、著者が基礎物理学を学んだ本である。本書では 5 章、5 章 1 節、5 章 2 節および 5 章 3 節で基礎的な箇所を参考にさせていただきました。

文献 14 は特殊相対性理論および一般相対性理論についての論文が英訳されたものである。

文献 15~文献 19 は、著者の専攻の心臓血管系の回路モデルについてのファイルである。文献 15 および文

文献16は、心臓血管系の回路モデルの論文である。文献17~文献19は、初心者向けの簡単な説明のファイルである。

文献20~文献21は、著者が独自に定義した正弦波を説明しているファイルである。波の速さ、波長、振動数および周期も著者が独自に定義を与えている。

文献22は、一般的な粒子と波の2重性を著者が独自に導出したファイルである。群速度についても説明および導出をしている。

文献23は、著者の専攻である心臓血管系の回路モデルを応用した細胞膜の回路モデルでの報告書である。

文献24では、連続の方程式について数学の観点からの説明を教えて頂く本である。

文献25、ポテンシャルエネルギーについての説明をしている。1990年現在の和書の基礎物理学書のポテンシャルエネルギーの説明は間違っているものを記憶している著者である。文献25で正しいものと著者が考えるポテンシャルエネルギーの説明を与えてみた。さらに、特殊相対性理論および一般相対性理論についても説明をしている。質点系のエネルギーの保存則および熱力学系のエネルギーの保存則である熱力学の第一法則についても説明をしている。文献22で著者が独自に導出した2重性についても説明をしている。

文献26では、クーロン力、電気素量およびボーア理論についての説明をしているファイルである。

文献27では、著者が独自に電位を定義している。和書の既出の電位の説明では、ポテンシャルエネルギーの間違いに巻き込まれる電位の説明である記憶を持つ2007年現在の著者であった。著者が正しいものと2007年現在に考えた電位の独自の定義である。電気量を使用した電場の計算では、電位を使用することがある。

文献28は、著者が微分積分を学んだ本である。本書では微分について参考にさせていただきました。

本書では「誤り」がないことを保証はしない。本書の校正の作業は今後も行う予定である。本書の「誤り」が見つかった際には不定期に改訂を行い発行する予定である。

目次

1 まえがき	1
目次	5
2 2つの慣性座標系の相対性および体積の変換 ^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10)}	6
3 電気量および体積密度 ^{8) 11)}	13
4 慣性質量および体積密度 ^{3) 11)}	14
5 体積密度および弾性特性で考察する圧力 ^{12) 13) 14) 15) 16) 17) 18) 19)}	15
5.1 圧力およびエネルギー量 ^{3) 12) 13) 15) 16) 17) 18) 19) 20) 21) 22)}	22
5.2 圧力および体積密度 ^{15) 16) 17) 18) 19) 23)}	30
5.3 重力 (gravitational force) および加速度座標系で考察する圧力 ^{1) 2) 4) 5) 6) 7) 20) 21) 22)}	34
6 正しい法の流れ ^{4) 5) 6) 7) 23)}	36
7 あとがき	37
付録	38
i ガリレイ変換式 (2.1) ~ (2.4) の不変量について ¹⁾	38
ii 連続の方程式 (the equation of continuity) ^{12) 24)}	38
iii 熱力学系での圧力の記述 ¹²⁾	39
参考文献 (References)	39
免責事項	40
著作権	40

2 2つの慣性座標系の相対性および体積の変換^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10)}

慣性座標系と相対性についての研究には、電磁波が伝搬する媒質の研究であるエーテルを仮定した議論があったことを読んだ。エーテルはニュートン力学 (Newtonian mechanics) の絶対空間および絶対時間で研究されていた、ものと説明を受けた記憶がある。波が伝搬するのに媒質を仮定するニュートン力学を基礎とする波の解析である。この基礎では、電磁波が伝搬する媒質を解明しようとしている。このことでは、真空中の光の速さが慣性座標系での変換の相対性で無限大にまで発散する場合を仮定する。さらに、ニュートン力学での法則を受け入れるために、法則が成立するように速さを無限大まで導出する必要が生じる。このような2つの慣性座標系の間の変換では、ガリレイ変換式 (Galilean transformation equations) (2.1) ~ (2.4) ——付録 i 参照——が使用されている。ガリレイ変換を使用してエーテルを仮定することでは、真空中の光の速さが定数である報告に反する。実験の観測に一致しないために理論物理学の修正が仮定できる。この理論物理学の修正には、ニュートン力学 (Newtonian mechanics) の修正あるいは電磁気学 (electromagnetism) の修正が候補に挙げられたものと考えられる。

$$x_1 = x - u \cdot t \dots (2.1) \quad x \text{ 軸の位置の変換}$$

$$y_1 = y \dots (2.2) \quad y \text{ 軸の位置の変換}$$

$$z_1 = z \dots (2.3) \quad z \text{ 軸の位置の変換}$$

$$t_1 = t \dots (2.4) \quad \text{時間軸の時点の変換}$$

アインシュタイン先生の特殊相対性理論では、真空中の光の速さは定数であるものと光速不変の原理で公理として扱う。さらに、特殊相対性原理を導入して2つの慣性座標系の間の変換式を導出する。この導出で、ローレンツ変換が導出できる。そのローレンツ変換を使用することでは、エーテルを扱うことが無く2つの慣性座標系の間でローレンツ変換が成立して真空中の光の速さが定数である。この意味では、エーテルの存否は問う必要が無い。エーテルを扱うことなく、2つの慣性座標系間の変換にローレンツ変換を使用して電磁波の変換ができることになる。このことでは、電磁気学は修正されていない。基本的な指導原理には、マクスウェルの方程式系 (Maxwell's Equations) を使用する。このことで、修正される理論はニュートン力学になった。

ローレンツ変換では、時間は絶対時間 (absolute time) ではない。相対性が記述されて時間が慣性座標系ごとに変換され異なる値になることを導出できる。ニュートン力学の絶対時間は否定される。ローレンツ変換の時間の相対性が、実験で確認されたものと報告される。

空間では、慣性座標系ごとに等速直線運動をしていることを記述する。このことでは、各慣性座標系は相対的に等速直線運動をしている。この意味では、絶対空間は観測できない理論である。さらに、各慣性座標系には光速不変の原理を公理として扱う。すべての慣性座標系で、真空中の光の速さは定数である。この意味では、絶対的に静止している絶対空間があり、その絶対空間から観測しているものとは扱うことができない。慣性座標系が無限大に発散する程に速く等速直線運動していることを仮定すると、絶対空間から観測した場合に無限大に発散する慣性座標系を観測できることになる。ローレンツ変換を使用した特殊相対性理論では、質点は真空中の光の速さを超えることはできないことが導出できる。この計算結果では、そのように慣性座標系が無限大に発散することは否定できる。慣性座標系から絶対空間を観察すると、絶対空間が等速直線運動しているように見えるものと仮定できる。このことでは、絶対空間から無限大に発散する速さで等速直線運動する慣性座標系を観測できることは否定できる。このような議論では、絶対空間 (absolute space) が導出できない。

真空中の光の速さが重力場で変換することは、一般相対性理論で導出できる。このことでは、重力場で光が曲がることを導出されている。このような計算では、加速度座標系を一般相対性理論 (the general theory of

relativity) で扱うことで導出できる。加速度座標系は加速度運動している座標系である。等速直線運動している慣性座標系とは異なる運動である加速度座標系上での法則になる。加速度座標系上に一般相対性理論の法則を使用して重力場 (gravitational field) を仮定する。このことで、ニュートン力学の万有引力の法則 (Newton's law of universal gravitation) で説明する重力理論よりも厳密な重力理論を与えることができる。真空中の光の速さが、加速度座標系上での変換では相対性で異なる速さになる。このことは、加速度座標系上では真空中の光の速さが加速度運動している。慣性座標系上では等速度運動している真空中の光が、加速度座標系上では加速度運動している。この相対性では、慣性座標系および加速度座標系上でニュートン力学から使用している慣性の法則が使用できないことを一般相対性理論では発見できる。運動の第2法則である運動方程式 (the equation of motion) は、特殊相対性理論で修正されている。運動の第3法則である作用反作用の法則も特殊相対性理論で否定できる。運動の第1法則である慣性の法則 (the law of inertia) は一般相対性理論で否定できることを発見する。絶対空間上で使用されていた慣性の法則が使用できなくなる。慣性の法則が否定でき、加速度座標系および慣性座標系との間で相対性が導出できることで絶対空間が否定される。一般に運動は、等速度運動あるいは加速度運動である。両方で、絶対的に静止している座標系が発見できない。ニュートン力学の3つの運動の法則はすべて否定できることになった。このことでは、解釈に修正を与えることで近似値として扱えることがある。この意味で、ニュートン力学 (Newtonian mechanics) は特殊相対性理論および一般相対性理論で近似として扱えるものと解釈を与えられる。近似として成立するための条件に、ニュートン力学の実験環境は一般に受け入れられているようである。

——座標系および智力について——

3章および4章で体積密度を計算するのに、慣性座標系上で導出する。その慣性座標系は、アインシュタインの特殊相対性理論で導出できるものである。体積密度は、2つの慣性座標系の間で変換するものを使用する。3章では電気量を計算するのに使用する体積密度である。4章では慣性質量を計算するのに使用する体積密度である。5章では、物質の弾性特性について扱う。その弾性特性には、著者が独自に定義したコンプライアンスを使用する。そのコンプライアンスは、内圧および容積を使用する。著者の専攻である工学の心臓血管系の回路モデルでの議論である。その議論は、2章で説明する慣性座標系を使用する。さらに、慣性座標系を使用した加速度座標系上での議論である。このことでは、脳神経系の回路モデルに著者が応用している。この意味では、著者が独自に定義したコンプライアンスでは慣性座標系および加速度座標系上で心臓血管系および脳神経系を扱うことになる。このようなモデルでは、人体の中核として扱われる心臓および脳を心に関係付けることで知能を追及する研究の基礎的な生物の情報処理を扱える。生物学および医学で、心を脳神経系での情報処理で生じるものと説明していることは周知であるものと扱えるだろう。このような考え方では、心は脳および心臓の情報処理で生じているものと説明することができる。このことでは、心は有始であり有終であるものと説明できる。このような心についての考え方は、経文では受け入れられないこともある。著者が独自に構築する心のモデルでは、我々の心は無始無終であるものと理論物理学から導出している。このような心は、我々が存在している物理学の研究対象である宇宙が生じる前から始まりもなく存在することになる。宇宙の中に在る我々の肉体の脳および心臓から生じる心であるものと扱うことのみでは、著者の構築する心のモデルには等しくならない。心が存在する時間軸上の定義区間が異なる。さらに、情報および情報処理の定義に関係する。時空の無い世界——あるいは時間および空間が無い世界である。——を仮定している。情報および情報処理は、時空で扱うように定義を仮定してい

るものと一般には言えるだろう。無始無終の心については、時間および空間が無い世界での議論を仮定することもある。

電気量および慣性質量は、心臓血管系および脳神経系内での情報処理を記述する際に使用できる量である。本書では、時空内での記述に心、心臓血管系および脳神経系に関係することも考慮して3章から6章までを導入している。6章では、言葉の心のモデルを使用している。心のモデルは言葉で記述しているものである。時空で扱える理論物理学の記述である。時間および空間が無い世界で存在することを仮定する心を、言葉で記述して扱うことを試みている。時空および時空でない世界に智力を仮定している。このことで、智力および知能の関係を問題にできる。我々の活動に智慧の眼目を与えるのに、言葉を用いる。言葉は、^{こころ}意を伝達する手段として時空での物理学の現象で生じさせるものと考えられることができる。

———慣性座標系およびローレンツ変換について———

本書では図 2.1 の 2 つの慣性座標系を仮定する。図 2.1 の慣性座標系 S には等速度 (2.5) を仮定している。等速度 (2.5) は、図 2.1 の慣性座標系 S₁ の x₁ 成分および t₁ 成分で記述した慣性座標系 S の等速度である。図 2.1 の慣性座標系 S₁ には等速度 (2.6) を仮定している。等速度 (2.6) は、図 2.1 の慣性座標系 S の x 成分および t 成分で記述した慣性座標系 S₁ の等速度である。

$\mathbf{u}_{S_{-}S_1} = -u\mathbf{i}_1, (u = \text{const.}) \dots (2.5)$ 慣性座標系 S₁ の x₁ 成分および t₁ 成分で記述した慣性座標系 S の等速度

$\mathbf{u}_{S_1 S} = u\mathbf{i}, (u = \text{const.}) \dots (2.6)$ 慣性座標系 S の x 成分および t 成分で記述した慣性座標系 S₁ の等速度

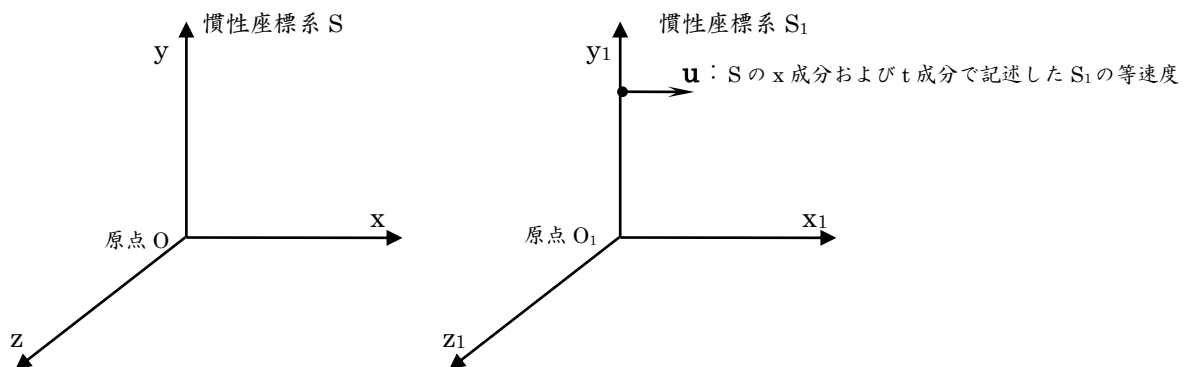


図 2.1 慣性座標系

図 2.1 の慣性座標系 S の x 軸および慣性座標系 S₁ の x₁ 軸は同じ直線上に在るものと仮定する。慣性座標系 S の原点 O および慣性座標系 S₁ の原点 O₁ が一致しているときは (2.7) および (2.8) が成立することを仮定している。ただし、(2.7) および (2.8) の左辺の記号は、それぞれ慣性座標系 S および S₁ の各軸の変数とする。

$(x, y, z, t) = (0, 0, 0, 0) \dots (2.7)$ 慣性座標系 S の空間および時点の成分で与えた座標

$(x_1, y_1, z_1, t_1) = (0, 0, 0, 0) \dots (2.8)$ 慣性座標系 S₁ の空間および時点の成分で与えた座標

慣性座標系 S および慣性座標系 S₁ では (2.9) が常に成立するものと仮定する。(2.9) の右辺の (2.10) は真空中の光の速さ (speed of light in a vacuum) である。

$$c^2 \cdot t^2 - x^2 + y^2 + z^2 = c^2 \cdot t_1^2 - x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 \dots (2.9)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \times \varepsilon_0}}, (c \neq 0, c > 0) \dots (2.10)$$

長さおよびその基本単位を定義する際に、SIでの真空中の光の速さを (2.11) で定義している。電流およびその基本単位を定義する際に、SIでの真空中の透磁率を (2.12) で定義している。

$$c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \dots (2.11) \text{SI でメートルの定義を与える際に、真空中の光の速さ (2.11) の値に定義した。}$$

$$\mu_0 = 4 \times \pi \times 10^{-7} \dots (2.12) \text{SI でアンペアの定義を与える際に、真空中の透磁率 (2.12) の値に定義した。}$$

真空中の誘電率 (2.13) は真空中の光の速さ (2.11) および真空中の透磁率 (2.12) を使用して、(2.13) のように値を求めることができる。

$$\varepsilon_0 = \frac{10^7}{4\pi c^2} \dots (2.13) \text{真空中の誘電率}$$

本書では、アインシュタインの特殊相対性理論の公理として特殊相対性原理および光速の不変の原理を使用する。慣性座標系 S の原点 O および慣性座標系 S_1 の原点 O_1 に、光源を仮定する。そして、慣性座標系 S の原点 O および慣性座標系 S_1 の原点 O_1 が一致しているときに、その光源から放射された光の球面の方程式から (2.9) を不変の関係にすることができる。この (2.9) は特殊相対性原理および光速の不変の原理を満足する。特殊相対性理論 (the special theory of relativity) で使用するローレンツ変換は (2.9) を満足することで導出することができる。

2つの慣性座標系の原点は、時点が零の時に一致するものと仮定した。図 2.1 のように慣性座標系 S_1 が慣性座標系 S 上で x 軸方向に等速直線運動をしている。2つの慣性座標系の x 軸はひとつの直線上に仮定する。 y 軸および z 軸方向には移動していない。ローレンツ変換式 (Lorentz transformation equations) (2.14) ~ (2.17) は、そのような2つの慣性座標系間での変換式である。(2.14) および (2.17) の右辺の係数 (coefficient) は (2.18) である—— (2.19) を約束する。——。ローレンツ変換 (2.14) ~ (2.17) の左辺は慣性座標系 S_1 上の軸上の点である。ローレンツ変換 (2.14) ~ (2.17) の右辺は、慣性座標系 S 上の軸上の点で記述している。ローレンツ変換式 (2.14) ~ (2.17) では、静止している慣性座標系と等速度運動している慣性座標系を認識して相対性を説明する。特殊相対性理論では、真空中の光の速さ (2.10) で時計を計算する。

$$x_1 = \gamma \cdot (x - u \cdot t) \dots (2.14) \text{慣性座標系 } S_1 \text{ の } x_1 \text{ 軸の値}$$

$$y_1 = y \dots (2.15) \text{慣性座標系 } S_1 \text{ の } y_1 \text{ 軸の値}$$

$$z_1 = z \dots (2.16) \text{慣性座標系 } S_1 \text{ の } z_1 \text{ 軸の値}$$

$$t_1 = \gamma \cdot \left(t - \frac{u \cdot x}{c^2} \right) \dots (2.17) \text{慣性座標系 } S_1 \text{ の時間軸 } t_1 \text{ の値}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} (= \text{const.}) \dots (2.18)$$

$$c > u \dots (2.19)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \times \varepsilon_0}}, (c \neq 0, c > 0) \dots (2.10) \text{真空中の光の速さ}$$

(2.20) ~ (2.23) は、ローレンツ変換式 (2.14) ~ (2.17) の逆変換である。逆変換 (2.20) ~ (2.23) の

左辺は慣性座標系 S 上の軸上の点である．逆変換 (2.20) ～ (2.23) の右辺は，慣性座標系 S₁ 上の軸上の点で記述している．

$$x = \gamma \cdot (x_1 + u \cdot t_1) \dots (2.20)$$

$$y = y_1 \dots (2.21)$$

$$z = z_1 \dots (2.22)$$

$$t = \gamma \cdot \left(t_1 + \frac{u}{c^2} \cdot x_1 \right) \dots (2.23)$$

逆変換 (2.20) ～ (2.23) を使用して，慣性座標系 S 上の空間の軸の位置の差 (2.24) ～ (2.26) および時間軸上の時点の差 (2.27) を記述できる．

$$\Delta x = \gamma \cdot (\Delta x_1 + u \cdot \Delta t_1) \dots (2.24)$$

$$\Delta y = \Delta y_1 \dots (2.25)$$

$$\Delta z = \Delta z_1 \dots (2.26)$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \left(\Delta t_1 + \frac{u}{c^2} \cdot \Delta x_1 \right) \dots (2.27)$$

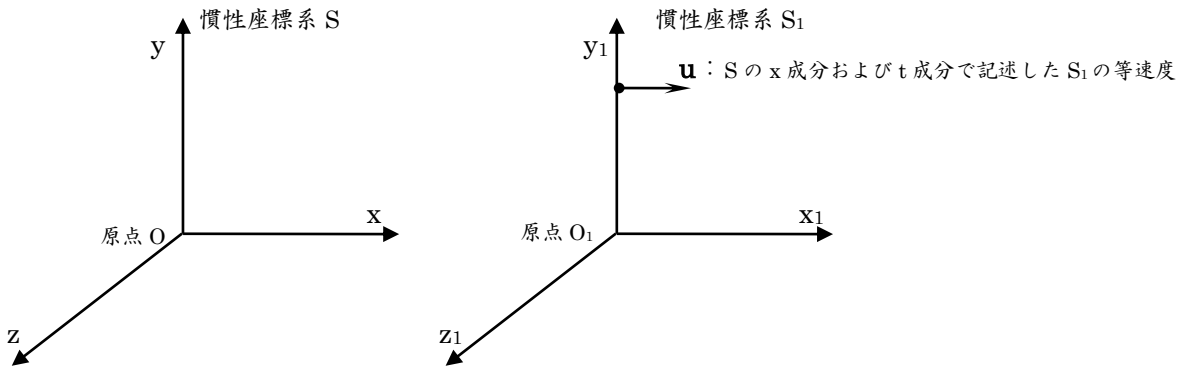


図 2.1 慣性座標系

S₁ 上に静止している質点を仮定している．S₁ 上のひとつの空間の位置の点に静止している質点である．図 2.1 の S₁ 上に質点が静止しているので，(2.28) である．

$$\Delta x_1 = 0 \dots (2.28)$$

その質点で S 上に静止している物体の長さを観測する．図 2.1 では，慣性座標系 S からは慣性座標系 S₁ が慣性座標系 S の x 軸の正の方向に等速度運動をしている．(2.28) を (2.24) に代入すると，(2.29) になる．(2.29) は，慣性座標系 S 上に静止している物体の x 軸方向の長さである．(2.29) の左辺は，慣性座標系 S の x 軸上の変数で記述している．(2.29) の右辺は，慣性座標系 S 上で観測した慣性座標系 S₁ の等速度の速さ u ，時間 t₁ 軸上の時間 (2.30) および係数 (2.18) である．

$$\Delta x = \gamma \cdot u \cdot \Delta t_1, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.29)$$

$$\Delta t_1 \dots (2.30)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} (= \text{const.}) \dots (2.18)$$

(2.28) を時間の変換式 (2.27) の右辺に代入すると、慣性座標系 S 上の時間 (2.31) になる。慣性座標系 S 上の 2 つの位置——観測対象である物体の x 軸上の長さの両端になる 2 つの位置である。——に定義された時計で観測する時間 Δt は、慣性座標系 S_1 上の質点を仮定しているひとつの位置に定義された時計で観測された時間 Δt_1 よりも長いことになる。(2.31) には (2.19) を仮定している。

$$\Delta x_1 = 0 \dots (2.28)$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \left(\Delta t_1 + \frac{u}{c^2} \cdot \Delta x_1 \right) \dots (2.27)$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_1, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.31)$$

$$c > u \dots (2.19)$$

慣性座標系 S_1 上の質点が慣性座標系 S 上の物体の x 軸方向の端から端まで移動した時間 (2.30) を使用して慣性座標系 S 上を移動した距離 (2.29) を計算できる。(2.29) の右辺は、(2.32) のように書き直すことができる。

(2.32) の右辺の括弧内は、時間 (2.31) の右辺である。(2.32) の右辺の括弧内に (2.31) の左辺を代入すると (2.33) になる。

$$\Delta x = \gamma \cdot u \cdot \Delta t_1, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.29)$$

$$\Delta x = u \cdot (\gamma \cdot \Delta t_1), (\Delta x_1 = 0) \dots (2.32)$$

$$\Delta x = u \cdot \Delta t, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.33)$$

慣性座標系 S_1 上に仮定した質点が静止している位置の時計を使用して記述した (2.34) である。慣性座標系 S 上に静止しているものと仮定した物体の S_1 上での長さである (2.34) になる。

$$\Delta L = u \cdot \Delta t_1, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.34)$$

(2.29) の右辺に (2.34) の左辺を代入すると、(2.35) を記述できる。慣性座標系 S 上に静止しているものと仮定した物体の慣性座標系 S 上での長さを慣性座標系 S_1 上の物体の長さを使用して記述した (2.35) である。慣性座標系 S 上の物体の長さである (2.35) になる。

$$\Delta x = \gamma \cdot \Delta L, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.35)$$

(2.35) は (2.36) に書き直すことができる。(2.35) の右辺に記述した係数 (2.18) を (2.36) の左辺に記述している。(2.36) の左辺に係数 (2.18) の右辺を代入すると、(2.37) になる。慣性座標系 S_1 上の物体の長さ ΔL —— (2.37) の右辺である。——は、物体の静止している慣性座標系 S 上の長さ Δx —— (2.35) の左辺である。——よりも短くなる。慣性座標系 S_1 上では、慣性座標系 S 上に静止している物体が等速度運動していることになる。等速度運動している物体の長さ ΔL は、静止している場合の長さ Δx よりも慣性座標系上で短くなる。等速度運動している物体の長さ ΔL は、その慣性座標系上で観測者が静止した場合でありひとつの位置に定義した時計で計算できる。静止している場合の物体の長さ Δx は、その物体が静止している慣性座標系上の両端の位置で長さを計算できる。

$$\frac{1}{\gamma} \cdot \Delta x = \Delta L, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.36)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} (= \text{const.}) \dots (2.18)$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \Delta x = \Delta L, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.37)$$

このことでは、長さは不等式 (2.38) に記述できる。x 軸上の長さが計算できた。慣性座標系は、3次元空間であるので y 軸および z 軸の長さ——それぞれ (2.39) および (2.40) である。——を考えることができる。観測対象の物体の x 軸、y 軸および z 軸上の長さを使用して、観測対象の物体の体積を (2.41) に記述できる。

$$\Delta x > \Delta L, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.38)$$

$$\Delta y, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.39)$$

$$\Delta z, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.40)$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z = \Delta L \cdot \Delta y \cdot \Delta z, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.41)$$

ここでは、計算を簡単にするために静止している場合の物体の x 軸上、y 軸および z 軸上の長さは (2.42) のように等しいものと仮定する。(2.42) を使用して、(2.41) は体積 (2.43) に記述できる。図 2.1 の慣性座標系は、x 軸上で等速度運動しているのみである。y 軸および z 軸上の物体の長さはローレンツ変換 (2.20) ~ (2.23) から導出した長さ (2.25) および (2.26) で等しいことになる。体積 (2.43) は、慣性座標系 S_1 上で等速度運動している物体の体積である。

$$\Delta x = \Delta y = \Delta z, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.42)$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot (\Delta x)^3 = \Delta L \cdot \Delta y \cdot \Delta z, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.43)$$

$$x = \gamma \cdot (x_1 + u \cdot t_1) \dots (2.20)$$

$$y = y_1 \dots (2.21)$$

$$z = z_1 \dots (2.22)$$

$$t = \gamma \cdot \left(t_1 + \frac{u}{c^2} \cdot x_1 \right) \dots (2.23)$$

$$\Delta y = \Delta y_1 \dots (2.25)$$

$$\Delta z = \Delta z_1 \dots (2.26)$$

体積 (2.43) の右辺を (2.44) の左辺で記述する。(2.44) の左辺を (2.43) の右辺に代入すると (2.45) である。

$$q = \Delta L \cdot \Delta y \cdot \Delta z, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.44)$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot (\Delta x)^3 = q, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.45)$$

(2.46) は、慣性座標系 S 上に静止している物体の体積である。(2.46) を (2.45) の左辺に代入すると (2.47) になる。慣性座標系 S 上に静止している物体の体積 (2.46) は、慣性座標系 S_1 上で等速度運動している物体の体積 (2.47) よりも大きい。

$$(\Delta x)^3 = q_0, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.46) \text{ 慣性座標系 } S \text{ 上に静止している物体の体積}$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 = q, (\Delta x_1 = 0, (\Delta x)^3 = q_0) \dots (2.47)$$

3 電気量および体積密度^{8) 11)}

慣性座標系に仮定している電気量 (3.1) である。電気量 (3.1) の右辺に記述してある (3.2) は電気素量である。電気素量 (3.2) は CODATA から (3.3) の値に定義している。電気量 (3.1) の右辺に記述している (3.4) は、電気素量 (3.2) を使用して観測対象の電気量 (3.1) に記述する電気素量の数である。

$$N_e = N \cdot e \dots (3.1) \text{ 慣性座標系に仮定している電気量}$$

$$e \dots (3.2) \text{ 電気素量 (elementary charge)}$$

$$e = 1.6021766208(98) \times 10^{-19} \text{ C} \dots (3.3) \text{ CODATA で与えた電気素量の値}$$

$$N \dots (3.4) \text{ 観測対象の電気量に記述できる電気素量の数}$$

観測対象の電気量 (3.1) を持つ物体の体積を仮定する。静止しているものと仮定できる慣性座標系 S 上では、その物体の体積は (2.46) に仮定する。慣性座標系 S 上に静止しており、慣性座標系 S₁ 上で等速度運動している場合には、その物体の体積は (2.47) に仮定できる。

$$(\Delta x)^3 = q_0, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.46) \text{ 慣性座標系 S 上に静止している物体の体積}$$

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 = q, (\Delta x_1 = 0, (\Delta x)^3 = q_0) \dots (2.47) \text{ 慣性座標系 S}_1 \text{ 上で等速度運動している物体の体積}$$

観測対象の物体の電気量の体積密度を仮定する。慣性座標系 S 上に静止している物体の電気量の体積密度は、(3.5) に仮定する。電気量の体積密度 (3.5) の右辺の分母には (2.46) を記述している。電気量の体積密度 (3.5) の右辺の分子には (3.1) を記述している。

$$\rho_{e0} = \frac{N_e}{q_0}, (q_0 \neq 0) \dots (3.5) \text{ 慣性座標系 S 上に静止している物体の電気量の体積密度 (charge density)}$$

慣性座標系 S₁ 上で等速度運動している場合には、物体の電気量の体積密度は (3.6) に仮定する。慣性座標系 S 上に静止して、慣性座標系 S₁ 上に等速度運動している物体の電気量を観測する。慣性座標系 S₁ 上から観測した慣性座標系 S 上に静止している物体の電気量の体積密度は (3.6) に仮定する。体積密度 (3.6) の右辺の分母には (2.47) を記述している。電気量の体積密度 (3.6) の右辺の分子には (3.1) を記述している。

$$\rho_e = \frac{N_e}{q}, (q \neq 0) \dots (3.6) \text{ 慣性座標系 S}_1 \text{ 上で等速度運動している物体の電気量の体積密度}$$

体積密度 (3.5) および体積密度 (3.6) では、2つの慣性座標系上では電気量に変化はないものと仮定している。観測対象の電気量 (3.1) は、体積密度 (3.5) を書き直すと (3.7) になる。観測対象の電気量 (3.1) は、体積密度 (3.6) を書き直すと (3.8) になる。

$$N_e = \rho_{e0} \cdot q_0 \dots (3.7)$$

$$N_e = \rho_e \cdot q \dots (3.8)$$

電気量 (3.7) および電気量 (3.8) の左辺は等しいので、(3.7) および (3.8) の右辺は等しく電気量 (3.9) を記述できる。観測対象の電気量 (3.9) の右辺に記述してある体積 (2.47) の右辺に、体積 (2.47) の左辺を代入すると (3.10) を記述できる。

$$\rho_{e0} \cdot q_0 = \rho_e \cdot q \dots (3.9)$$

$$\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 = q, (\Delta x_1 = 0, (\Delta x)^3 = q_0) \dots (2.47)$$

$$\rho_{e0} \cdot q_0 = \rho_e \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 \dots (3.10)$$

電気量 (3.10) の両辺には、体積 (2.46) を記述している。(3.10) の両辺の単位体積当たりの電気量は (3.11) になる。(3.11) は、2つの慣性座標系の間での電気量の体積密度の変換式である。

$$\rho_{e0} = \rho_e \cdot \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \dots (3.11)$$

慣性座標系 S 上に静止している物体の電気量の体積密度 (3.5) は、慣性座標系 S 上で等速度運動している慣性座標系 S₁ 上に静止して観測した場合の物体の電気量の体積密度 (3.6) よりも小さい。

$$\rho_{e0} = \frac{N_e}{q_0} \dots (3.5) \text{ 慣性座標系 S 上に静止している物体の電気量の体積密度}$$

$$\rho_e = \frac{N_e}{q} \dots (3.6) \text{ 慣性座標系 S}_1 \text{ 上で等速度運動している物体の電気量の体積密度}$$

4 慣性質量および体積密度^{3) 11)}

(4.1) は著者が独自に定義した静止質量の定義である。静止質量 (4.1) の右辺は、慣性質量の変換式を意味する。慣性質量の変換式 (4.1) では、慣性座標系 S 上の慣性質量である静止質量は慣性座標系 S₁ 上で観測すると慣性質量 (4.2) になる。慣性座標系 S 上に静止している物体の静止質量を (4.1) で記述する。静止質量の定義 (4.1) は文献3で導出している。

$$m_0 \equiv m(v) \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}, (0 \leq v \leq c) \dots (4.1) \text{ 静止質量の定義}$$

$$m(v), (0 \leq v \leq c) \dots (4.2) \text{ 慣性座標系 S}_1 \text{ 上で等速度運動している物体の慣性質量}$$

(4.3) は慣性座標系 S₁ 上で等速度運動している物体の慣性質量の体積密度である。その物体が慣性座標系 S 上で静止しているの、その慣性質量の体積密度は (4.4) で仮定する。

$$\rho = \frac{m(v)}{q}, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (4.3) \text{ 慣性座標系 S}_1 \text{ 上で等速度運動している物体の慣性質量の体積密度}$$

$$\rho_0 = \frac{m_0}{q_0}, (q_0 \neq 0) \dots (4.4) \text{ 慣性座標系 S 上に静止している物体の慣性質量の体積密度 (volume density)}$$

体積密度 (4.3) の分母は、体積 (2.47) である。体積密度 (4.3) の分子は、慣性質量 (4.2) である。体積密度 (4.4) の分母は、体積 (2.46) である。体積密度 (4.4) の分子は、静止質量 (4.1) である。

$$\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 = q, (\Delta x_1 = 0, (\Delta x)^3 = q_0) \dots (2.47)$$

$$(\Delta x)^3 = q_0, (\Delta x_1 = 0) \dots (2.46) \text{ 慣性座標系 S 上に静止している物体の体積}$$

体積密度 (4.3) は慣性質量 (4.5) に書き直すことができる。体積密度 (4.4) は慣性質量 (4.6) に書き直すことができる。

$$m(v) = \rho \cdot q, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (4.5)$$

$$m_0 = \rho_0 \cdot q_0, (q_0 \neq 0) \dots (4.6)$$

静止質量 (4.1) の左辺に静止質量 (4.6) の右辺を代入する。静止質量 (4.1) の右辺に慣性質量 (4.5) の右辺を代入する。静止質量 (4.1) は (4.7) に書き直すことができる。

$$\rho_0 \cdot q_0 = \rho \cdot q \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, (0 \leq v \leq c) \dots (4.7)$$

静止質量 (4.7) の右辺には体積 (2.47) の右辺が記述されている。静止質量 (4.7) の右辺に体積 (2.46) の左辺を代入すると、(4.8) になる。(4.8) は (4.9) に書き直すことができる。

$$\rho_0 \cdot q_0 = \rho \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, (0 \leq v < c, u = v) \dots (4.8)$$

$$\rho_0 \cdot q_0 = \rho \cdot q_0 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right), (0 \leq v < c) \dots (4.9)$$

静止質量 (4.9) は、両辺に体積 (2.46) を記述している。静止質量 (4.9) の両辺の単位体積当たりの慣性質量は (4.10) で記述できる。慣性座標系 S 上に静止している物体の体積密度は、慣性座標系 S₁ 上で等速度運動している物体の体積密度よりも小さい。

$$\rho_0 = \rho \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right), (0 \leq v < c) \dots (4.10)$$

5 体積密度および弾性特性で考察する圧力^{12) 13) 14) 15) 16) 17) 18) 19)}

体積の変化では、物質に力を作用させることで生じる。物質の形状あるいは体積が変化して、元に戻るような現象に弾性特性を見ることが出来る。弾性特性は、体積および力を考察して記述する場合では相対性を扱うことがある。2つの慣性座標系の間では、体積の相対性を体積の変換式 (2.47) で記述した。

$$\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \cdot q_0 = q, (\Delta x_1 = 0, (\Delta x)^3 = q_0) \dots (2.47)$$

力も2つの慣性座標系の間で変換できる。力がエネルギー量に関係することは、質点の持つ全エネルギーの変化率 (5.1) で記述している。(5.1) の右辺には、質点に作用している合力ベクトル (5.2) および質点の速度ベクトル (5.3) を記述している。

$$\frac{dE}{dt} = \mathbf{f} \cdot \mathbf{v} \dots (5.1) \text{ 質点の持つ全エネルギーの変化率}$$

$$\mathbf{f} \dots (5.2) \text{ 質点に作用している合力ベクトル}$$

$$\mathbf{v} \dots (5.3) \text{ 質点の速度ベクトル}$$

流体は粒子で構成しているものと仮定できる。粒子は質点として扱うことができる。2つ以上の質点を使用して質点系を考えることができる。質点系として流体を考えることができる——計算技術が完成しているものとは2019年現在の著者は報告を読んだ覚えはない。——。そのような流体で質点系のエネルギー保存則

(conservation of energy in a system of particles) を使用して考察できる。質点系のエネルギー保存則 (5.4) の右辺には仕事量を記述している。質点系に外部から合力が作用することで計算できる仕事量である。質点系のエネルギー保存則 (5.4) の左辺の左側からポテンシャルエネルギーの変化量、運動エネルギーの変化量および内部エネルギーの変化量である。

$$\Delta U_{\text{system}} + \Delta K_{\text{system}} + \Delta E_{\text{internal}} = W_{\text{external}} \dots (5.4) \text{ 質点系のエネルギー保存則}$$

物質が弾性特性を示して元の状態に戻る場合には、質点系のエネルギー保存則 (5.4) の左辺の各エネルギーの

変化量が元に戻る程度は議論の対象である。

流体は弾性特性を示さなくても、その流体を収めている器^{うつわ}が弾性特性を示す場合がある。弾性特性を持つ器が、その流体に力を作用させて流体が移動することを仮定できる。弾性特性で流体に力が作用している場合で、その流体内の圧力を仮定できる。このことでは、流体が静止しているものと仮定した場合に観測できる圧力を基礎として流体が移動している場合の流体内の圧力を考える。圧力差で移動する流体で、その流体を質点系として仮定した場合の質点系のエネルギー保存則での説明を研究できる。本書では、特殊相対性理論での慣性座標系を使用して計算を示してきた。5章では、一般相対性理論の加速度座標系上での議論にも触れておく。

————慣性座標系および加速度座標系————

慣性座標系は、等速度運動をしている。加速度座標系の加速度は、慣性座標系上で観測できることを仮定している。加速度運動する座標系上に重力場を仮定している。慣性座標系上では、光速不変の原理を仮定している。光速不変の原理 (the principle of the constancy of the velocity of light) が成立する座標系上には重力場を仮定していない。

一般相対性理論の等価原理 (the principle of equivalence) は、「加速度座標系 K_1 での自然の法則は、一様な重力場 (a homogeneous gravitational field) に静止している座標系 K での自然の法則 (the laws of nature) に欠けることなく等しいもの」と仮定している。加速度座標系 K_1 の加速度は慣性座標系 K_0 で観測するものと仮定する。

等価原理 (the principle of equivalence) では、重力場に静止している座標系 K および加速度座標系 K_1 は、それらの座標系上での物理学の説明で等価になるものと仮定する。

————圧力 (pressure) ————

流体 (fluid) を仮定する。流体内の各粒子——流体を構成している粒子であるものと仮定する。——が静止している場合を仮定する。そのような流体内に曲面を仮定する。その曲面は表面積 (5.5) を持つ。その曲面には、流体を構成している各粒子が押して力 (5.6) を作用させる場合にも、その流体は静止しているので曲面では合力が零であるものとする。この曲面——法線ベクトルで描くものとする。——に垂直な法線ベクトルを仮定する。その法線ベクトルに平行な力 (5.6) が曲面の1点に作用しているものと仮定する。

$$\Delta A \dots (5.5)$$

$$\mathbf{F} \dots (5.6)$$

本書の圧力 (pressure) は、(5.7) で定義する。圧力の定義式 (5.7) の分母の曲面の面積 (5.5) の微分は (5.8) で定義する。曲面の面積の微分は、傾きが1である曲面の面積 (5.5) を独立変数とする関数である。その曲面に作用している力ベクトル (5.6) の微分は (5.9) で定義する。力ベクトル (5.6) の微分 (5.9) は、傾きが圧力であり面積ベクトルの微分を独立変数とする関数である。微分 (5.9) の左辺のベクトルおよび右辺のベクトルの向きは等しいものとする——面積ベクトルの法線ベクトルに平行な力 (5.6) が曲面の1点に作用している——。

$$p \equiv \frac{dF}{dA}, (dA \neq 0) \dots (5.7)$$

$$dA \equiv 1 \cdot \Delta A \dots (5.8)$$

$$dF \equiv p \cdot dA, (dA \neq 0, dA \equiv 1 \cdot \Delta A) \dots (5.9)$$

圧力 p (5.7) を定義できる十分に小さな直交断面積 A では、その圧力 (5.7) はスカラー量である定数になる。

その直交断面積 A から直交断面積の変化量 ΔA (5.5) を零に向けて収束させても、その曲面上の直交断面積に垂直に作用する圧力 p (5.7) は定数である。ここでの圧力 (pressure) を定義している各直交断面積では、その各圧力は定数である。その各圧力は定数に定義される、各直交断面積の変化量 ΔA (5.5) の曲面上に作用する応力 (stress) である。十分に小さな直交断面積を仮定できる領域ごとに異なる定数の圧力を仮定できる。その領域が零に収束することで、(5.10) のように空間座標軸上の変数を独立変数にする関数として記述できる。(5.10) では、流体は静止していることを仮定している。このことでは、流体を構成している粒子が静止していて移動をしないことで、時間軸上では圧力が変化しないものと説明できる。

$$p(x, y, z) \dots (5.10)$$

圧力 (pressure) (5.7) が直交断面積を押す各粒子の作用であることを仮定すると、各粒子の間での合力が作用する。その合力で、粒子の押す力の方向および大きさが決定する。このことでは、すべての方向に同じように力が作用することは説明できていない。合力の計算では、各粒子に作用する力のベクトル和である。夫々の粒子間の相対的配置は、各粒子に対して等しいことは保証されていない。さらに、各粒子の形状が等しいことも保証がない。各粒子に作用する力のベクトル和の成分である各力が同じ方向同じ大ききで作用することは保証されない。流体の静止を保証できていない。この意味では、各方向に作用する力のベクトルの記述が流体の静止を仮定するだけでは合力が零になることを保証できない。電磁力、重力、強い力および弱い力に分類できる法則で、粒子に作用する力の合力が零の場合に粒子の静止を説明できる。流体を構成している粒子が移動することで、その流体も移動することを仮定できる——粒子の静止を説明できない。——。等速度運動している粒子が慣性座標系上で静止している。この場合では、その粒子に作用する合力が零である。このことで、その粒子は等速度運動を続けることができる。静止しているものと扱う流体の圧力 (5.7) を観測する際には、流体が静止している慣性座標系上で観測するものが流体を構成している粒子に力を作用させないように圧力を観測することになる。流体を構成している粒子が加速度運動することで、曲面を押す力は時間が経過することで変化することを説明できる。この意味では、各位置の圧力 (pressure) は時間軸上で変化することを仮定できるので (5.11) を記述できる。

$$p(x, y, z, t) \dots (5.11)$$

加速度座標系上で観測している場合では、慣性座標系が加速度運動しているように見える。この場合では、慣性座標系上に等速度運動している粒子は加速度座標系上では加速度運動していることになる。このことは、加速度座標系上では粒子が重力場に存在しているものと等価原理——慣性座標系上では重力場は無いものと仮定する。——で説明できる。

流体についての研究では、血流についての研究がある。血流の制御は、心臓血管系および脳神経系で説明できる箇所がある。心臓血管系および脳神経系は繋がっている。心臓血管系での物質の輸送は、他の臓器を通して脳での物質の輸送を行うものと説明される。心臓および血管に弾性特性を観察できる。このような臓器の弾性特性で、血液の流れが変化する報告がある。血流は質点系として考察するのみではなく熱力学系としても考察できる。血流を質点系として扱わなくても血流量として数式で記述できる場合がある。

———血流および弾性特性———

図 5.1 には、血流路に血液が流れて入って来る分の血流量 (5. 12) および血液が流れて出て行く分の血流量 (5. 13) を仮定している。その血流路に血液が流れていることを仮定し、コンプライアンスの容積の変化率を (5. 14) で記述する——付録 ii 参照——。

$i_{input}(t) \dots (5.12)$ 血流量

$i_{output}(t) \dots (5.13)$ 血流量

$i_{netblood}(t) \dots (5.14)$ 血流路の容積の時点に対する変化率

コンプライアンスは、著者が独自に (5.15) を定義したものである。コンプライアンス (5.15) の右辺の分子は、血流路——心室、心房および血管のことである。——の容積である。コンプライアンス (5.15) の分母は、血流路の内圧である。血流路の内圧については、5 章で説明をしてある。分母の内圧には大気圧分を含む。

$c(t) = \frac{q(t)}{p(t)}, (p(t) \neq 0) \dots (5.15)$ コンプライアンスの定義式

$q(t) \dots (5.16)$ 容積

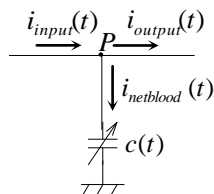


図 5.1 コンプライアンスに流入する血流量

図 5.2 には、血流路に血液が流れて入って来る分の血流量 (5. 12) および血液が流れて出て行く分の血流量 (5. 13) を仮定している。その血流路に血液が流れていることを仮定し、コンプライアンスの容積の変化率を (5.14) で記述する。

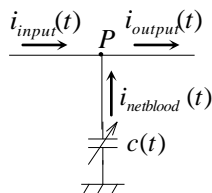


図 5.2 コンプライアンスから流出する血流量

図 5.3 には血流路に於ける直交断面積を示している。この直交断面積は、各位置に分割できるものと仮定する。分割された直交断面積ごとに血流路として扱うものと仮定する。血液の流れの方向は、その直交断面積を直交するものと仮定する。その直交断面積を通過する血液量の移動方向が互いに逆向きに2つの方向を仮定できる。そのようなひとつの直交断面積には、2つの方向に流れる血液量に流れる方向の区別で正負の符号を仮定できる。

その異符号の血液量には時間内に直交断面積を通過した正味の血液量として (5.16) を記述できる。正味の血液量 (5.16) は、時点 (5.17) を独立変数とする関数である。その直交断面積を通過した血液量は、向きが異なることで和を計算することで相殺し合う量がある。そのような相殺し合う量を一方の方向に流れた血液量の値から外すことで、その直交断面積を一方の方向に通過した正味の血液量を観測できるものと仮定する——この観測には、血流量の定義するときに、線形性を説明できる。——

$q(t) \dots (5.16)$ 正味の血液量

$t \dots (5.17)$ 時点

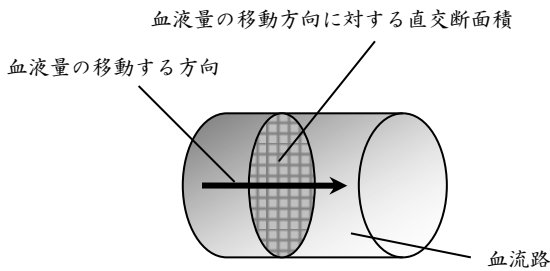


図 5.3 血流量の定義

正味の血液量 (5.16) の微分係数 (5.18) は、著者が独自に定義した血流量である。血流量 (5.18) は、或る血流路の或る直交断面積を通過した正味の血液量 (5.16) に於けるものと定義する。血流量 (5.18) の右辺では、時間 (5.19) が変数である。血流量 (5.18) では、時点 (5.17) は正味の血液量の関数 (5.16) の定義区間内の固定されたひとつの点として扱う定数である。

$$q'(t) \equiv \lim_{h \rightarrow 0} \frac{q(t+h) - q(t)}{h}, (t, t+h \in \mathbf{E}) \dots (5.18) \text{ 血流量の定義式}$$

$h \dots (5.19)$ 時間

血流量 (5.18) は、(5.20) で記述できる。血流量 (5.20) の分母は、時点の微分 (5.21) である。血流量 (5.20) の分子は、正味の血液量の微分である。

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}, (dt \neq 0) \dots (5.20)$$

$dt \dots (5.21)$

時点の微分 (5.21) は、時間 (5.19) を使用して (5.22) で定義できる。時点の微分 (5.22) は線形性を示す。正味の血液量の微分は、血流量である微分係数 (5.18) および時間 (5.19) を使用して (5.23) で定義できる。正味の血液量の微分は、線形性を (5.23) のように説明できる。血流量が負の符号である場合には、時点が進むごとに正味の血液量は減少して負の値域を得る。

$$dt \equiv 1 \cdot h \dots (5.22)$$

$$dq(t) \equiv q'(t) \cdot h \dots (5.23)$$

正味の血液量の微分 (5.23) は (5.24) に書き直すことができる。正味の血液量の微分 (5.23) の右辺に血流量 (5.20) の左辺および時点の微分 (5.22) の左辺を代入することで (5.24) を記述できる。

$$dq(t) = i(t) \cdot dt, (dt \neq 0) \dots (5.24)$$

図 5.1 では、方程式 (5.25) を導出できる——付録 ii 参照——。方程式 (5.25) は (5.26) に書き直すことができる。図 5.1 の p 点に出入する血流量の方程式である。(5.12) は p 点に流入する血流量である。(5.13) は p

点から流出する血流量である。(5.14)はp点から流出する血流量——正しくは、血流路の容積の変化率である。——である。(5.14)はコンプライアンスの容積の変化率である。

$$i_{input}(t) - i_{netblood}(t) - i_{output}(t) = 0 \dots (5.25)$$

$$i_{netblood}(t) = i_{input}(t) - i_{output}(t) \dots (5.26)$$

$$i_{input}(t) \dots (5.12)$$

$$i_{output}(t) \dots (5.13)$$

$$i_{netblood}(t) \dots (5.14)$$

図5.2では、方程式(5.27)を導出できる——付録ii参照——。方程式(5.27)は(5.28)に書き直すことができる。図5.2のp点に出入する血流量の方程式(5.28)である。(5.12)はp点に流入する血流量である。(5.13)はp点から流出する血流量である。(5.14)はp点に流入する血流量——正しくは、血流路の容積の変化率である。——である。(5.14)はコンプライアンスの容積の変化率である。

$$i_{input}(t) + i_{netblood}(t) - i_{output}(t) = 0 \dots (5.27)$$

$$i_{netblood}(t) = i_{output}(t) - i_{input}(t) \dots (5.28)$$

心室および心房ならびに血管で観測できる圧力(5.29)は、一般に大気圧分(5.30)——(5.29)の右辺の第2項である。——を引いた(5.31)を使用する。(5.29)の右辺の第1項(5.31)は、内圧あるいは血圧と呼ばれるものである。一般に血圧と呼ばれるものは、動脈の圧力を(5.32)で計算しているものと著者には記憶がある。ここでは、血圧とは心室、心房および血管に作用する圧力で(5.32)を意味するものとする。さらに、内圧と呼ぶ場合は、(5.29)であるものとする。図5.4のように測定器では、心臓あるいは血管内の圧力を大気圧と比較して測定できる。図5.4は、心室、心房および血管内ではなく測定器の測定する部分の原理的な図である。図5.4の線分ABで圧力を測定する面積を示している。ABの面積の1点に作用する力——面積に直交する力である。——で圧力を測定する場合を示す図5.4である。

$$p(t) = p_v(t) + p_0(t) [\text{mmHg}] \dots (5.29) \text{ 内圧}$$

$$p_0(t) [\text{mmHg}] \dots (5.30) \text{ 大気圧分}$$

$$p_v(t) [\text{mmHg}] \dots (5.31)$$

$$p_v(t) = p(t) - p_0(t) [\text{mmHg}] \dots (5.32) \text{ 血圧}$$

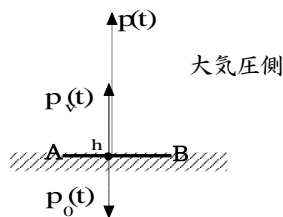


図5.4 血圧の説明図

巨視的スケールでの心臓および血管内の圧力は、正確には空間内の1点の圧力であるものとは扱えない。血液内の複数の粒子の衝突で仮定できる圧力 (pressure) であり、圧力を測定する際に使用した面積に作用している合力で計算する圧力である。

時不変型の流れの抵抗は、著者が(5.33)に定義した。ただし、 $p_1(t)$ と $p_2(t)$ は(5.29)の左辺であるので大気圧分を含むものである。 $i(t)$ は(5.20)で血流量である。

$$r \equiv \frac{p_2(t) - p_1(t)}{i(t)} \left[\frac{\text{mmHg}\cdot\text{s}}{\text{ml}} \right] \dots (5.33) \text{時不変型の流れの抵抗の定義式}$$

コンプライアンス (5.15) は、血流路の弾性 (elasticity) 特性を示すひとつの指標である。心臓および血管内での血液の出入を説明するのに使用できる。それらの血液の出入は、心臓および血管の弾性特性が示している内圧および容積との関係で説明できる血流であることを記述できる。この血流には、血液が流れる際に仮定できる流れの抵抗 (5.33) にも関係する。内圧差で流れる血液である。その内圧差は、血流路内の流れの抵抗で生じることを説明できる。このことでは、心臓血管系内の質量の分布を変化させることでもエネルギーの分布が変化すると説明できる。このようなエネルギーの分布には重力場のポテンシャルエネルギーも関係する。このことについては、5章1節でも説明する。

風船の中に空気を流入させることで、風船は膨らみ——風船の容積が増加している。——風船の中の圧力が——風船の内圧が増加している。——大きくなることは周知であるものと扱える。空気を抜くと膨らんだ風船は萎み元の大きさにもどる。風船の場合は、膨らむ前の状態に完全に等しくなることまでは要求することは難しいことは前提に有る。

心臓の心室では、心室の容積が増加する場合に心室に作用する内圧が小さくなる現象を報告できる。この内圧の低下は、心室内の容積が増加するとき、その心室の弾性 (elasticity) 特性が働くことで説明できる。その心室の弾性特性で、心室の内圧が低下しても心室の増加した容積を保つことができるものとする。

流体として気体を扱うことで、圧力 (pressure) を観測する。気体の圧力を計算する場合に、物理学の教科書では、理想気体の状態方程式 (the ideal gas equation of state) (5.34) を記述する。理想気体の状態方程式 (5.34) の右辺にはモル数 (the number of moles) (5.35) および普遍気体定数 (universal gas constant) (5.36) を記述している。理想気体の状態方程式 (5.34) の右辺の (5.37) は絶対温度 (absolute temperature) である。絶対温度 (5.37) は (5.38) で記述できる。絶対温度 (Kelvin temperature) (5.38) の右辺の第1項は、摂氏温度 (Celsius temperature) (5.39) である。一般の基礎物理学の教科書では、理想気体の状態方程式 (5.34) の理想気体の分子 (molecule) はニュートン力学に従うことを仮定している。理想気体 (ideal gas) の分子 (molecule) は、実際の気体が近似値になる場合で使用できる。この意味では、理想気体の内部エネルギー量および比熱の計算を考えて実際の気体に応用することが有る。単原子分子 (monoatomic molecule) および2原子分子 (diatomic molecule) のモル比熱 (molar heat capacity) は、理想気体に近似値となる。多原子から分子 (polyatomic molecule) は、単原子分子および二原子分子よりもモル比熱の値は理想気体のモル比熱からのずれが大きい。

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T, \left(R = 8.3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \dots (5.34) \text{理想気体の法則 (the ideal gas law)}$$

$$n \dots (5.35) \text{モル数 (the number of moles)}$$

$$R = 8.3144598(48) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \dots (5.36) \text{普遍気体定数 (universal gas constant)}$$

$$T \dots (5.37) \text{絶対温度あるいはケルビン温度 (Kelvin temperature)}$$

$$T = T_{\text{celsius}} + 273.15 \text{ K} \dots (5.38) \text{絶対温度 (absolute temperature)}$$

$$T_{\text{celsius}} \text{ } ^{\circ}\text{C} \dots (5.39) \text{摂氏温度 (Celsius temperature)}$$

理想気体の状態方程式 (5.34) の右辺は (5.40) で記述する。(5.40) の左辺を理想気体の状態方程式 (the ideal

gas equation of state) (5.34) の右辺に代入すると (5.41) になる. (5.41) を (5.42) に書き直すことができる.

$$C_{nRT} = n \cdot R \cdot T, \left(T = \text{const}, R = 8.3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \dots (5.40)$$

$$p \cdot V = C_{nRT}, \left(T = \text{const}, R = 8.3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \dots (5.41)$$

$$p = \frac{C_{nRT}}{V}, (V \neq 0) \dots (5.42)$$

理想気体の状態方程式 (the ideal gas law) (5.34) では, 著者が定義したコンプライアンス (compliance) (5.15) とは異なる. (5.42) の圧力は, 熱力学系の容器の体積が小さくなると大きくなる. (5.34) の熱力学系の体積が大きくなると, 気体の圧力は小さくなる理想気体の状態方程式の (5.42) である. コンプライアンス (5.15) では, 体積が大きくなることで圧力が大きくなることも仮定できる. 逆に, 体積が小さくなることで, 圧力が小さくなることを仮定できるコンプライアンス (5.15) である. ただし, 温度は常温程度であるものと仮定する.

$$c(t) = \frac{q(t)}{p(t)}, (p(t) \neq 0) \dots (5.15) \text{コンプライアンスの定義式}$$

5.1 圧力およびエネルギー量^{3) 12) 13) 15) 16) 17) 18) 19) 20) 21) 22)}

圧力 (pressure) は, 流体に仮定している. 流体は粒子で構成されているものと仮定している. 粒子の移動では, その流体のエネルギーの伝達を考えることができる. 粒子は質点として扱うことができる. 流体の流れには, 波を観測できる. 流体の流れを扱う際には, 微視的スケールの質点で議論する場合と熱力学系のような巨視的スケールで議論する場合の説明が有る.

質点では (5.1) で質点の持つ全エネルギーの変化率を説明できる. (5.1) の右辺には, 質点に作用する合力 (5.2) および質点の速度ベクトル (5.3) を記述している. (5.1) はニュートン力学でも導出できる. 本書では, 特殊相対性理論 (the special theory of relativity) の慣性座標系での議論を基礎とする.

$$\frac{dE}{dt} = \mathbf{f} \cdot \mathbf{v} \dots (5.1) \text{質点の持つ全エネルギーの変化率}$$

$$\mathbf{f} \dots (5.2) \text{質点に作用している合力ベクトル}$$

$$\mathbf{v} \dots (5.3) \text{質点の速度ベクトル}$$

特殊相対性理論での慣性座標系上で, 質点 (material point) の持つ全エネルギーは (5.1.1) で記述できる. (5.1.1) の右辺の (5.1.2) は, 慣性座標系上の質点の速度ベクトルの速さである. (5.1.1) の右辺の (5.1.3) は, 慣性座標系上の質点の慣性質量 (inertial mass) である. ニュートン力学の慣性質量は定数である——付録 i の (a.1.2) および (a.1.3) に示している. ——. アインシュタイン先生の特殊相対性理論では質点の速さを独立変数とする関数になる慣性質量である. 文献 3 で導出している (5.1.1) である.

$$E_{S_v\text{wave}}(v_{S_masspoint}) = m_{S_v\text{wave}}(v_{S_masspoint}) \cdot c^2 \dots (5.1.1) \text{質点の持つ全エネルギー}$$

$$v_{S_masspoint} \dots (5.1.2) \text{質点の速度の速さ}$$

$$m_{S_v\text{wave}}(v_{S_masspoint}) \dots (5.1.3) \text{慣性座標系上の質点の慣性質量}$$

——心臓あるいは血流路——

心臓血管系内の血液の循環は、心臓がポンプの役割に当たるものと説明する。左心室の収縮期に心臓の左心室から血液が上行大動脈へ移動する。血液には左心室の内圧が作用することで主に移動しているものと仮定できる。このことでは、血液を構成している粒子との衝突も仮定できることを意味する。このような一般的な心臓および血管内の内圧は巨視的スケールでの内圧の観測である。一方、微視的スケールでは、血液を構成している粒子に作用する力を仮定できる。圧力を空間の座標系内の一点で測定することを仮定する場合には、血液を構成している粒子に作用する力から空間内の一点に作用する圧力を仮定できる。このことは、粒子が体積を持つことで表面積を計算できる。粒子が衝突するときには粒子同士の接触での接点を仮定できる。その接点での理論上の圧力が作用しているものと扱えることで説明できる。その接点を含んだ曲面を仮定できる圧力である。

血液が図 5.1 および図 5.2 のように流れていることでは、血液を構成している物質が移動していることを仮定している。それらの物質に作用している合力で加速度運動しているものと仮定できる。そのような加速度運動をしている物質に重力が作用しているものと、一般相対性理論で説明できる。このような説明には、一般相対性理論の加速度座標系を仮定できる。

心臓あるいは血流路——以下では血流路と呼ぶ。——内の各粒子が、血流路内で出入する。そのような各粒子で質点系を構成して血液として扱える流体になるものと仮定できる。このことで、血流路内の質点系が異なる各質点で構成される質点系に変化することになる。各時点で血流路から粒子の出入があることでは、時点ごとに異なる質点系が血流路内に存在するものと説明できる。質点系のエネルギーの保存則 (5.4) で血流路内でのエネルギーの分布の変化を記述できる。

$$\Delta U_{\text{system}} + \Delta K_{\text{system}} + \Delta E_{\text{internal}} = W_{\text{external}} \dots (5.4) \text{ 質点系のエネルギー保存則}$$

血流路内に存在する粒子が異なることで、その血流路内に存在する慣性質量が変化している場合を仮定できる。特殊相対性理論では、質点の持つ全エネルギーが (5.1.4) で記述できる。血流路内に存在する粒子の慣性質量の総和を (5.1.5) で記述する。慣性質量の総和 (5.1.5) を使用して全エネルギー (5.1.6) を仮定できる。

$$E = m(v) \cdot c^2 \dots (5.1.4) \text{ 慣性質量およびエネルギーの等価性}$$

$$M = \sum_i m_i(v_i) \dots (5.1.5)$$

$$E_{\text{system}} = M \cdot c^2 \dots (5.1.6)$$

質点の持つ全エネルギー (5.1.4) から慣性質量 (5.1.7) を記述できる。 (5.1.6) を使用して、慣性質量の総和 (5.1.8) を仮定できる。

$$m(v) = \frac{E}{c^2} \dots (5.1.7)$$

$$M = \frac{E_{\text{system}}}{c^2} \dots (5.1.8)$$

全エネルギーから慣性質量を計算して、重力を考慮できる。さらに、重力質量から全エネルギーを考慮できる。血液の体積密度は (5.1.9) で文献 1 1 に報告されている。血液の体積が仮定できると、その血液の質量を計算できる。

$$\rho = 1.060 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \dots (5.1.9)$$

血液の輸送では、熱エネルギーを伝達する。熱エネルギーは、質量 m_j 、比熱 (specific heat capacity) c_{Q_j} および温度差 ΔT_j を使用して熱量 (5.1.10) で記述できる。(5.1.10) では、血液の熱量は Q である。その系となる血液を構成している物質の個数を n とする。熱量 (5.1.10) の右辺に質量が記述されていることでも、血液の輸送で熱が伝達されることにも上述での慣性質量の計算は関係するものと仮定できる。 上述の慣性質量の議論は質点系である。熱量 (5.1.10) の議論は熱力学系での議論である。熱量 (5.1.10) には、温度 (temperature) を記述している。温度は、熱力学の第 0 法則 (the zeroth law of thermodynamics) で与えられる概念であるものと物理学書で学ぶ。

$$Q = \sum_{j=1}^n m_j \cdot c_{Q_j} \cdot \Delta T_j \text{ J K}^{-1} \dots (5.1.10)$$

熱力学系およびその系を取り巻く環境との間のエネルギー差は (5.1.11) で記述する。熱力学系のエネルギーの保存則に、熱力学の第 1 法則 (5.1.12) がある。熱力学の第 1 法則 (5.1.12) の左辺は、熱力学系の内部エネルギーの変化量である。熱力学の第 1 法則 (5.1.12) の右辺の第 1 項は、熱力学系およびその環境間を移動する熱量 (5.1.13) である。熱力学の第 1 法則 (5.1.12) の右辺の第 2 項 (5.1.14) は、熱力学系に外部から作用した力のなす仕事量である。一般には、仕事量 (5.1.14) は熱力学系の特性となる巨視的スケールの圧力および体積で記述できる。

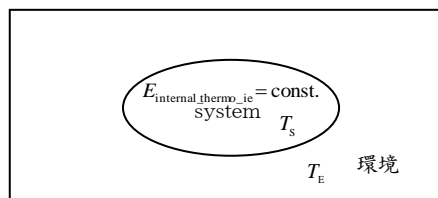
$\Delta E_{\text{internal_thermo}} \dots (5.1.11)$ 系およびその系を取り巻く環境との間のエネルギー差

$\Delta E_{\text{internal_thermo}} = Q_{\text{thermo}} + W_{\text{thermo}} \dots (5.1.12)$ 熱力学の第 1 法則 (the first law of thermodynamics)

$Q_{\text{thermo}} \dots (5.1.13)$ 熱力学系および環境との間を移動する熱量

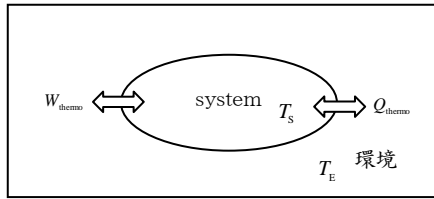
$W_{\text{thermo}} \dots (5.1.14)$ 仕事量

図 5.1.1 は、熱力学系での熱力学平衡 (thermal equilibrium) の状態を示している。図 5.1.2 は、熱力学系で平衡状態でない現象であるものと仮定する。図 5.1.1 では、系およびその系を取り巻く環境との間のエネルギー差 (5.1.11) は 0 である。システムおよび環境の温度は等しい。図 5.1.2 では、系およびその系を取り巻く環境との間のエネルギー差 (5.1.11) は 0 ではない。システムおよび環境の温度は等しくない。



$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{internal_thermo_ie}} &= 0 \\ Q_{\text{thermo_ie}} &= 0 \\ W_{\text{thermo_ie}} &= 0 \\ T_s &= T_e \end{aligned}$$

図 5.1.1 最初の平衡状態



$$\Delta E_{\text{internal, thermo}} \neq 0$$

$$\Delta E_{\text{internal, thermo}} = Q_{\text{thermo}} + W_{\text{thermo}}$$

$$T_S \neq T_E$$

図 5.1.2 熱力学現象の過程での交換

血液の熱が体の他の部位に移動することで、その血液の温度が下がることが考えられる。逆に、体の熱が血液に移動することで、その血液の温度 (temperature) が上がることが考えられる。温度差および熱の関係を熱量 (5.1.10) で考える。

$$Q = \sum_{j=1}^n m_j \cdot c_{Q_j} \cdot \Delta T_j \text{ J K}^{-1} \dots (5.1.10)$$

エネルギー差である熱量が熱力学系で伝達できる。熱力学系で説明する熱量の変化量は、質点系のエネルギー保存則ではポテンシャルエネルギー (potential energy) の変化量、運動エネルギー (kinetic energy) の変化量および内部エネルギー (internal energy) の変化量で説明できるものと仮定する。巨視的スケール (macroscale) である熱力学系に対して、微視的スケール (microscale) としても扱える質点系である。温度 (temperature) は粒子の運動状態で説明できる。熱力学系の第0法則 (the zeroth law of thermodynamics) を使って、温度を与えることができる。熱力学系 (thermodynamic system) の圧力および体積が異なる場合でも熱力学的平衡 (thermal equilibrium) である状態では2つの熱力学系の温度は等しい。流体内の粒子が運動をするのに、圧力 (pressure) を観測できる。熱力学的平衡である2つの熱力学系内の流体の粒子の運動状態では、その2つの熱力学系内の温度 (temperature) が等しい。熱力学系での温度は、巨視的スケールでの観測である。ここでの熱力学系の圧力および体積も巨視的スケールでのものである。微視的スケールでは、流体を構成している粒子の運動を仮定できる。この微視的スケールでは、質点系のエネルギーの保存則を仮定できる。微視的スケールでは、電磁波である光の圧力——光圧あるいは放射圧 (a radiation pressure) と呼ぶ。——を観測できる。このことでは、光からエネルギーを受けた電子の運動量の変化が報告されている。巨視的スケール (macroscale) である熱力学平衡では、2つの熱力学系の運動が等しいことで熱量の移動が生じないものと説明できる。(5.1.10) の右辺に温度差が記述してある。(5.1.10) の左辺は熱量であり、温度差が零では熱量が零であることを説明している。そのようにエネルギー差である熱量が流れることが無くても、微視的スケール (microscale) では粒子が運動をしている2つの熱力学的平衡である熱力学系 (thermodynamic system) である。

理想気体の状態方程式 (5.34) では、右辺に温度が記述されている。理想気体の状態方程式 (5.34) の右辺の温度が熱力学系1および熱力学系2で、それぞれ絶対温度 (absolute temperature) (5.1.15) および絶対温度 (5.1.16) であるものとする。ここでは、熱力学系1および熱力学系2のモル数は等しいものとする。熱力学系1の温度 (5.1.15) は熱力学系2の温度 (5.1.16) に等しく (5.1.17) を記述できる。熱力学系の温度 (5.1.17) を理想気体の状態方程式 (the ideal gas equation of state) (5.34) の右辺に代入すると、(5.1.18) および (5.1.19) になる。(5.1.18) および (5.1.19) の右辺は (5.1.17) を使用すると (5.1.20) になる。(5.1.20) から (5.1.21) を記述できる。(5.1.21) では、圧力および体積は

熱力学系 1 および熱力学系 2 で異なる。熱力学的平衡であるので、(5.1.17) で温度が等しいことを示している。

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T, \left(R = 8.3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \dots (5.34) \text{理想気体の法則 (the ideal gas law)}$$

$$T_1 = T_{TE} \dots (5.1.15)$$

$$T_2 = T_{TE} \dots (5.1.16)$$

$$T_{TE} = T_1 = T_2 \dots (5.1.17)$$

$$p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \dots (5.1.18)$$

$$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \dots (5.1.19)$$

$$n \cdot R \cdot T_{TE} = n \cdot R \cdot T_1 = n \cdot R \cdot T_2 \dots (5.1.20)$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \dots (5.1.21)$$

このことでは、熱力学的平衡 (thermal equilibrium) であるので、熱力学系 1 および熱力学系 2 の理想気体では、伝達される熱量が零であるものと仮定できる。理想気体であるので気体を構成している分子 (molecule) の質量 (5.1.22) が等しいものと仮定できる。理想気体であるので比熱 (specific heat) も等しいものと仮定できる。2つの熱力学系 (thermodynamic system) の体積が異なることで、それぞれの熱力学系全体に仮定する質量が等しい場合には体積密度が異なる。(5.1.23) は熱力学系 1 全体の質量である。熱力学系 1 全体の体積で質量 (5.1.23) を割ると体積密度 (5.1.24) を記述できる。

$$m_{ig} \dots (5.1.22) \text{理想気体の分子 (molecule) の質量}$$

$$M_1 = N_1 \cdot m_{ig} \dots (5.1.23) \text{熱力学系 1 全体の質量}$$

$$\rho_1 = \frac{M_1}{V_1} = \frac{N_1 \cdot m_{ig}}{V_1} \dots (5.1.24) \text{熱力学系 1 の体積密度}$$

(5.1.25) は熱力学系 2 全体の質量である。熱力学系 2 全体の体積で質量 (5.1.25) を割ると体積密度 (5.1.26) を記述できる。

$$M_2 = N_2 \cdot m_{ig} \dots (5.1.25) \text{熱力学系 2 全体の質量}$$

$$\rho_2 = \frac{M_2}{V_2} = \frac{N_2 \cdot m_{ig}}{V_2} \dots (5.1.26) \text{熱力学系 2 の体積密度}$$

2つの熱力学系全体の質量 (5.1.23) および (5.1.25) が等しいので、(5.1.27) を記述できる——付録 ii 参照——。(5.1.27) の左辺に (5.1.23) の右辺を代入する。(5.1.27) の右辺に (5.1.25) の右辺を代入する。(5.1.27) は (5.1.28) に書き直すことができる。

$$M_1 = M_2 \dots (5.1.27) \text{2つの熱力学系 (thermodynamic system) 全体のそれぞれの質量が等しい。}$$

$$N_1 \cdot m_{ig} = N_2 \cdot m_{ig} \dots (5.1.28)$$

(5.1.28) の両辺には (5.1.22) が等しく記述されているので、(5.1.28) を整理すると (5.1.29) になる。

(5.1.24) および (5.1.26) の右辺は異なる体積であるので、それぞれの体積密度が異なることを (5.1.30) で記述できる。

$$N_1 = N_2 \dots (5.1.29)$$

$$\rho_1 \neq \rho_2 \dots (5.1.30)$$

モル数は (5.1.29) を使用して (5.1.31) になる。(5.1.31) の右辺の分母の (5.1.32) は、アボガドロ定数である。(5.1.31) では、2つの熱力学系のモル数は等しい。体積密度が異なることで圧力が異なる。

このことでは、理想気体の分子数が等しくても体積が異なるので理想気体の分子 (molecule) の運動で観測する圧力は異なるものと導出できる——付録iii参照——。

$$n = \frac{N_1}{N_A} = \frac{N_2}{N_A} \dots (5.1.31) \text{モル数}$$

$$N_A = 6.022140857(74) \times 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \dots (5.1.32) \text{アボガドロ定数 (Avogadro constant)}$$

光の流れは、電磁波 (electromagnetic wave) の伝搬であるものと巨視的スケールで説明できる。微視的スケールでは粒子である光子 (photon) の移動であるものと説明をする2019年現在の物理学である。光子は光量子と呼ばれるエネルギーを持つものと説明できる。光量子 (light quantum) のエネルギーは、(5.1.33) で仮定している。光子のエネルギー (5.1.33) の右辺にはプランク定数 (Planck constant) (5.1.34) を記述している。光子の量子エネルギー (5.1.33) の右辺の (5.1.35) は、光の振動数である。電磁気学 (electromagnetism) で、光は電磁波であることを説明する。光学でも、光は波であるものとして説明している。光には、波 (wave) および粒子 (particle) の性質を仮定している。このことは、光の2重性であるものと呼ばれる。

$$E = h \cdot \nu \dots (5.1.33) \text{光量子エネルギー}$$

$$h = 6.626070040(81) \times 10^{-34} \text{ J s} \dots (5.1.34) \text{プランク定数 (Planck constant)}$$

$$\nu \text{ Hz} \dots (5.1.35) \text{周波数}$$

光の粒子としての性質は、量子エネルギー (5.1.33) の左辺のエネルギーで記述している。左辺の粒子としてのエネルギーは、特殊相対性理論では、質点の持つ全エネルギー (5.1.1) で記述できる。(5.1.1) の (5.1.2) は、質点の速度の速さである。(5.1.1) の (5.1.3) は、質点の慣性質量である。質点の持つ全エネルギー (5.1.1) は、文献3で導出している。特殊相対性理論での静止質量には、著者が独自に定義した (4.1) が有る。静止質量 (4.1) の右辺には物体の慣性質量 (4.2) を仮定している。質点の持つ全エネルギー (5.1.1) の右辺の慣性質量は (5.1.36) である。質点の持つ全エネルギー (5.1.1) の右辺には真空中の光の速さ (2.10) を記述してある。

$$E_{S_{\nu\text{wave}}}(v_{S_{\text{masspoint}}}) = m_{S_{\nu\text{wave}}}(v_{S_{\text{masspoint}}}) \cdot c^2 \dots (5.1.1) \text{慣性質量およびエネルギーの等価性}$$

$$v_{S_{\text{masspoint}}} \dots (5.1.2) \text{質点の速度の速さ}$$

$$m_{S_{\nu\text{wave}}}(v_{S_{\text{masspoint}}}) \dots (5.1.3) \text{慣性座標系上の質点の慣性質量}$$

$$m_0 \equiv m(v) \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, (0 \leq v \leq c) \dots (4.1) \text{静止質量の定義}$$

$$m(v), (0 \leq v \leq c) \dots (4.2) \text{慣性座標系 } S_1 \text{ 上で等速度運動している物体の慣性質量}$$

$$m_{S_{\nu\text{wave}}}(v_{S_{\text{masspoint}}}) = m(v), (0 \leq v \leq c) \dots (5.1.36)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \times \epsilon_0}}, (c \neq 0, c > 0) \dots (2.10)$$

光の波としての性質は、量子エネルギー (5.1.33) の右辺の振動数 (5.1.35) で記述している。振動数 (5.1.35) は光である電磁波の振動数である。振動数 (5.1.35) は、2つの慣性座標系の間で変換される。振動数の変換式は (5.1.37) である。光速不変の原理で (5.1.38) を記述できる。その光の速度のx軸成

分は慣性座標系 S_1 では (5.1.39) である. 振動数の変換式 (5.1.37) の右辺の θ_{x_1} は, (5.1.39) で計算できる. 慣性座標系 S_1 上の速度ベクトル (5.1.40) の値域は (5.1.41) である. 振動数の変換式 (5.1.37) は, 文献3で導出している.

$$v = v_1 \times \frac{1 + \frac{u}{c} \cdot \cos \theta_{x_1}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \dots (5.1.37) \text{ 光の振動数の変換}$$

$$v = v_1 = c \dots (5.1.38)$$

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = c \cdot \cos \theta_{x_1} = \text{const.}, (\Delta t_1 \neq 0) \dots (5.1.39) \text{ 慣性座標系 } S_1 \text{ 上の } x \text{ 軸の真空中の光の速度の成分}$$

$$v_1 = |\mathbf{v}_1| \in \mathbf{R}, (v_1 \geq 0) \dots (5.1.40)$$

$$0 \leq v_1 \leq c \dots (5.1.41)$$

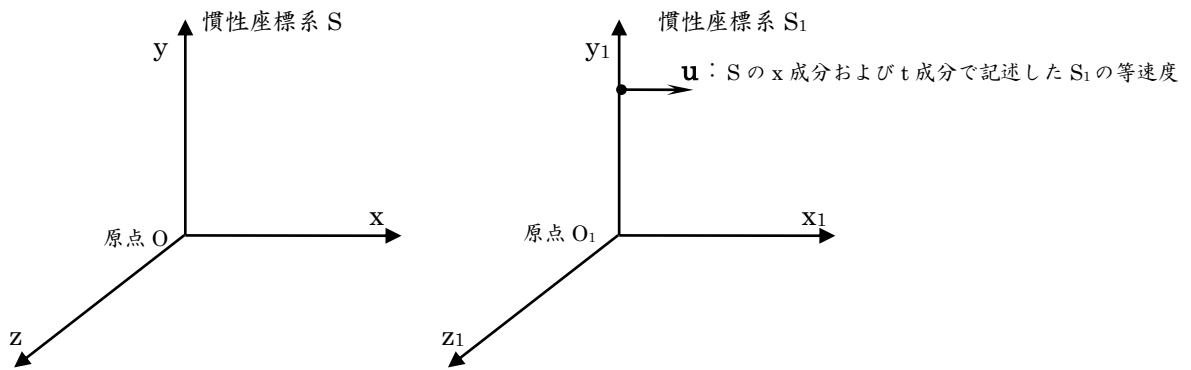


図 2.1 慣性座標系

光の2重性から一般の粒子の2重性に発展をする. 慣性座標系上で, 等速度運動している質点を仮定する. その等速度の速さは, (5.1.2) で記述する. その等速度運動している質点がエネルギーを 量子エネルギー (5.1.42) であるものと仮定する. 量子エネルギー (5.1.42) の右辺には, 質点が備える振動数 (frequency) (5.1.43) を記述している. 量子エネルギー (5.1.42) は, 絶対空間および絶対時間では議論しないものとして2015年現在の著者は扱う. 特殊相対性理論の慣性座標系を仮定している. さらに, 加速度座標系には, 一般相対性理論 (the general theory of relativity) のものを仮定している2019年現在である.

$$v_{S_masspoint} \dots (5.1.2) \text{ 質点の等速度の速さ}$$

$$E_{S_vwave}(v_{S_masspoint}) = h \cdot v_{S_vwave} \dots (5.1.42) \text{ 質点の量子エネルギー}$$

$$v_{S_vwave} \dots (5.1.43) \text{ 質点が備える振動数}$$

慣性座標系上を速さ (5.1.2) で等速度運動している質点の持つ慣性質量 (inertial mass) は, 特殊相対性理論の (5.1.3) で記述できる. 質点の運動量 (momentum / quantity of motion) の大きさは, (5.1.44) で記述できる.

$$m_{S_vwave}(v_{S_masspoint}) \dots (5.1.3) \text{ 慣性座標系上の質点の慣性質量}$$

$$p_{S_v_wave}(t) = m_{S_v_wave}(v_{S_masspoint}) \cdot v_{S_masspoint}(t) \dots (5.1.44) \text{ 質点の運動量}$$

慣性座標系上での質点の運動量 (5.1.44) は、粒子の2重性では (5.1.45) を記述する。運動量 (5.1.45) の右辺には、質点が備える振動数 (5.1.43) の波長 (wavelength) (5.1.46) およびプランク定数 (Planck constant) (5.1.34) を記述している。

$$p_{S_v_wave}(t) = \frac{h}{\lambda_{S_wave}}, (\lambda_{S_wave} \neq 0) \dots (5.1.45) \text{ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係}$$

$$\lambda_{S_wave} \dots (5.1.46) \text{ 質点が備える振動数の波長}$$

$$h = 6.626\,070\,040(81) \times 10^{-34} \text{ J s} \dots (5.1.34) \text{ プランク定数}$$

質点が備える振動数 (frequency) (5.1.47) は、真空中の光の量子エネルギーを使用することで導出できる。文献22の「理論物理学での波の関数6」で、質点が備える振動数 (5.1.47) を著者が独自に導出した。

$$v_{S_v_wave} = \frac{m_{S_v_wave}(v_{S_masspoint}) \cdot c^2}{h} \dots (5.1.47) \text{ 質点が備える振動数}$$

運動量 (momentum / quantity of motion) (5.1.45) の右辺の波長は、質点が備える振動数 (5.1.47) を導出する際に使用する真空中の光子の備える波長 (wavelength) (5.1.48) を使用することで (5.1.49) になる。その質点が備える波長 (5.1.49) には、その質点の静止質量 (5.1.50) を記述している。

$$\lambda_{S_c} \dots (5.1.48) \text{ 真空中の光子の備える波長}$$

$$\lambda_{S_wave} = \frac{\lambda_{S_c}}{\sqrt{1 - \frac{(m_{0S_masspoint})^2}{(m_{S_v_wave}(v_{S_masspoint}))^2}}}, (v_{S_masspoint} \neq 0) \dots (5.1.49) \text{ 質点が備える波長}$$

$$m_{0S_masspoint} \equiv m_{S_v_wave}(v_{S_masspoint}) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v_{S_masspoint}}{c}\right)^2}, (0 \leq v_{S_masspoint} \leq c) \dots (5.1.50) \text{ 静止質量の定義}$$

波長 (wavelength) (5.1.49) を導出する際に、その質点の等速度の速さ (5.1.2) および質点が備える振動数 (frequency) (5.1.47) の波の速さ (5.1.51) との関係は (5.1.52) になることを文献22「理論物理学での波の関数6」で仮定した。特殊相対性理論の慣性座標系での計算であるので、質点の速さは真空中の光の速さまでとなる。このことを使用すると (5.1.52) では、質点が備える波の速さは、真空中の光の速さを超えることになる。質点が備える波長 (5.1.49) の区間に、その質点が存在するものと仮定する。この意味では、質点の位置が不確定である。このことは、不確定性原理に関係する。

$$v_{S_wave}(t) = v_{S_v_wave} \cdot \lambda_{S_wave}, (\lambda_{S_v_wave} \neq 0) \dots (5.1.51) \text{ 質点が備える振動数の波の速さ}$$

$$\frac{v_{S_wave}(t)}{c} \cdot \frac{v_{S_masspoint}(t)}{c} = 1, (v_{S_masspoint} \neq 0) \dots (5.1.52)$$

時空に仮定する伝達を理論物理学では議論をしている。質点の移動を速度で議論する。量子力学が適用されるスケールでは、質点の位置が不確定になる議論が上述のように生じる。インターネット上での記事では、量子もつれと呼ばれる現象で真空中の光の速さを超える情報の伝達について読むことが有る2019年現在の著者である。このことでは、確率論的な議論を行い決定論的な議論ではないものと記憶することが有る。著者が独自に構築している心のモデルでは、時間および空間が無い世界を仮定している。時

空で無いことで距離が無い。伝達する際に距離を無視して智力が及ぶことを仮定する。このことでは、真空中の光の速さでの伝達時間よりも速いことを仮定できる。量子もつれのように時空での議論でもない。因を持ち縁に触れて果報が決定することを仮定している。この果報の決定では、因だけではどのような果報が決定するかは不確定であるものと2019年現在の著者は考える。智力については、心臓血管系および脳神経系が無くても我々は体を持ち智慧を持つ場合を仮定する。2019年現在の物理学での量子もつれを心臓血管系および脳神経系に応用して智力を考えるのみではない。このような議論が可能になるのに、2重性を使用することができる。

5.2 圧力および体積密度^{15) 16) 17) 18) 19) 23)}

体積密度 (4.3) は、右辺の分子の独立変数の関数と扱うことができる。分母は、時点を独立変数とする関数である場合には、体積密度 (4.3) は質点の速度の速さおよび時点の関数である。一方、体積密度 (4.4) は、右辺の分子および分母が定数である場合には定数である。(4.4) の右辺の分母が時点の関数の場合は、(4.4) の左辺は時点を独立変数とする関数である。

$$\rho = \frac{m(v)}{q}, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (4.3) \text{ 慣性座標系 } S_1 \text{ 上で等速度運動している物体の慣性質量の体積密度}$$

$$\rho_0 = \frac{m_0}{q_0}, (q_0 \neq 0) \dots (4.4) \text{ 慣性座標系 } S \text{ 上に静止している物体の慣性質量の体積密度}$$

時点および速度ベクトルの大きさである速さの2つの変数を独立変数とする多変数の関数であることを仮定すると(5.2.1)を記述できる。ここで、速度ベクトルは時点を独立変数とする関数であるので、(5.2.1)は(5.2.2)に記述できる。

$$q(t, v) \dots (5.2.1)$$

$$q(t, v) = q(t), (v = v(t)) \dots (5.2.2)$$

電気量は、一般に定数で扱うことができる。電気量は、2つの慣性座標系の間で等しい定数であるものと仮定できる。この意味では、体積が時点を独立変数とする関数である場合には、電気量の体積密度(3.5)および(3.6)のそれぞれの体積は時点を独立変数とする関数である。

$$\rho_{e0} = \frac{N_e}{q_0}, (q_0 \neq 0) \dots (3.5) \text{ 慣性座標系 } S \text{ 上に静止している物体の電気量の体積密度}$$

$$\rho_e = \frac{N_e}{q}, (q \neq 0) \dots (3.6) \text{ 慣性座標系 } S_1 \text{ 上で等速度運動している物体の電気量の体積密度}$$

電気量の体積密度の変換は(3.11)に記述できた。慣性質量の体積密度の変換は(4.10)に記述できた。(5.2.3)が時点を独立変数とするので、(3.11)および(4.10)が時点を独立変数とする関数であるものと仮定できる。

$$\rho_{e0} = \rho_e \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \dots (3.11)$$

$$\rho_0 = \rho \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right), (0 \leq v \leq c) \dots (4.10)$$

$$q(t) \dots (5.2.3)$$

慣性質量 (4.5) は特殊相対性理論の慣性座標系上で使用するものである。慣性質量 (4.5) の右辺は、時点を独立変数とする関数であるものと仮定できるので (5.2.4) を記述できる。

$$m(v) = \rho \cdot q, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (4.5)$$

$$m(v) = \rho(t) \cdot q(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.4)$$

著者が独自に定義したコンプライアンスは体積 (5.2.5) を記述できる。体積 (5.2.5) の右辺を (5.2.4) の右辺に代入すると、(5.2.6) である。

$$q(t) = c(t) \cdot p(t) \dots (5.2.5)$$

$$m(v) = \rho(t) \cdot c(t) \cdot p(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.6)$$

慣性質量 (5.2.4) の右辺は時点を独立変数としている。質点の速度ベクトルは、時点を独立変数として記述できる。そして、(5.2.4) の左辺の慣性質量は時点を独立変数とすることができるので、(5.2.7) を記述できる。慣性質量 (5.2.7) の右辺の体積に体積 (5.2.5) の右辺を代入すると、(5.2.8) に記述できる。

$$m(t) = \rho(t) \cdot q(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.7)$$

$$m(t) = \rho(t) \cdot c(t) \cdot p(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.8)$$

慣性質量 (5.2.7) の右辺では、体積密度が時点を独立変数とする関数であるので変数で記述している。ここでは、血液の体積密度 (5.1.9) を使用して簡単な考察をする。

$$\rho = 1.060 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \dots (5.1.9)$$

ここで採用した血液の体積密度 (5.1.9) は定数である。慣性質量 (5.2.7) を時点に関して微分すると (5.2.9) を導出できる。

$$m(t) = \rho(t) \cdot q(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.7)$$

$$\frac{dm(t)}{dt} = \frac{d\rho(t)}{dt} \cdot q(t) + \rho(t) \cdot \frac{dq(t)}{dt}, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.9)$$

血液の体積密度 (5.1.9) を微分すると、(5.2.10) になる。(5.2.10) を慣性質量の時点に対する変化率 (5.2.8) に代入すると、(5.2.11) になる。

$$\frac{d\rho(t)}{dt} = 0, (\rho = \text{const.}) \dots (5.2.10)$$

$$\frac{dm(t)}{dt} = \rho(t) \cdot \frac{dq(t)}{dt}, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.11)$$

慣性質量の時点に対する変化率 (5.2.11) の右辺に、血液の体積密度 (5.1.9) を代入すると (5.2.12) になる。付録 ii では、場で考えるのが一般的な説明であるものと著者は考える。(5.2.12) で血流路——血流路として扱う領域での計算である。——の容積の変化率で考えている。

$$\frac{dm(t)}{dt} = 1.060 \times 10^3 \cdot \frac{dq(t)}{dt}, (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.12)$$

ここでは、簡単にした式 (5.2.12) で考察する。(5.2.12) の右辺の容積 (5.2.3) の変化率は、正味の血液量の変化率であるものと仮定する。ここでは、正味の血液量を定義するために直交断面積を血流路に定義している——図 5.2.1 に示している。——。その直交断面積を通過する正味の血液量 (5.2.3) であるものと仮定する。

$$q(t) \dots (5.2.3)$$

このことでは、ひとつの直交断面積を通過する血液は直交断面積の両面から出入を仮定できる。正味の血液量は、その出入する血液量に対して出入する向きに符号をつけて積分をした総和である。負の値で総和が計算できる場合には、血液の多く通過した方向が負号の方向であることになる。

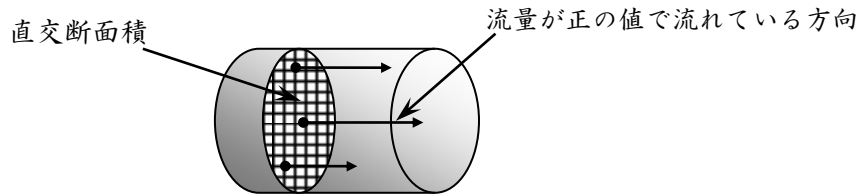


図 5.2.1 流量の説明

その正味の血液量の時点に対する変化率は、血流量である。血流量に血液の体積密度を掛けることで、慣性質量の時点に対する変化率を意味する——(5.2.12)の左辺である。——。正味の血液量に血液の体積密度を掛けることで、正味の血液量の慣性質量になる。正味の血液量の慣性質量が、血流路に定義した直交断面積を通過したことになる。血流路に仮定できる血液量がわかると、その血流路内の血液の重さを計算できる。血液の重さが分かることで、血流路内に作用する重力の影響を計算できる——付録ii 参照——。

$$m(t) = \rho(t) \cdot q(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.7)$$

このような計算は、巨視的スケールの計算である。精密には微視的スケールの計算をして、2重性の考慮をすることで血液を使った生体の制御を考察できる。文献23では、コンプライアンス、流れの抵抗および血流量を応用して細胞膜のモデルに応用している。このように流量の計算をして、心臓血管系および脳神経系以外の生体の制御を仮定できる。

図 5.1 の回路図では、時変型の集中定数であるコンプライアンス (5.15) が血流路のコンプライアンスである。コンプライアンス (5.15) の血流路には血液が流入する方向および流出する方向に別の血流路を仮定している——図 5.2.2 に示している。——。図 5.1 のコンプライアンスの容積の変化率 (5.26) は、流入してきた正味の血液量の変化率から流出した正味の血液量の変化率を引いたものである。

$$c(t) = \frac{q(t)}{p(t)}, (p(t) \neq 0) \dots (5.15) \text{コンプライアンスの定義式}$$

$$i_{netblood}(t) = i_{input}(t) - i_{output}(t) \dots (5.26)$$

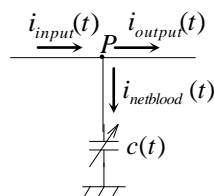


図 5.1 コンプライアンスに流入する血流量

図 5.1 で、血流量 (5.26) を記述できた——付録ii 参照——。図 5.1 では、コンプライアンス (5.15) の血流路に正味の血液量が流れてくることを示している。血流路に入ってきた血液量と血流路から出て行っ

た血液量が有る。その血流路に元々有った血液量から出て行った血液量を引く。さらに、入ってきた血液量が有るので、その入ってきた分を加える。(5.26)の右辺では、この血液量の計算を記述している血液量の差である。血流量は正味の血液量の時点に対する変化率である。(5.26)の左辺は、血流路内の容積の時点に対する変化率である。血流路は領域である。領域に入ってきた血流量から出て行った血流量を引いている領域内の容積の変化率である(5.26)の左辺である。領域である血流路内の血流を精密に示すものではない。粒子の運動を追跡するような精密な計算ではない。(5.26)の左辺の直交断面積を通過した正味の血液量の時点に対する変化率として考える場合は、その血流路に在る正味の血液量が直交断面積を通過したものと仮定したものである。図5.1の矢印の方向では、コンプライアンスの血流路に血液が増加していく現象を表示しているものと考えることができる。

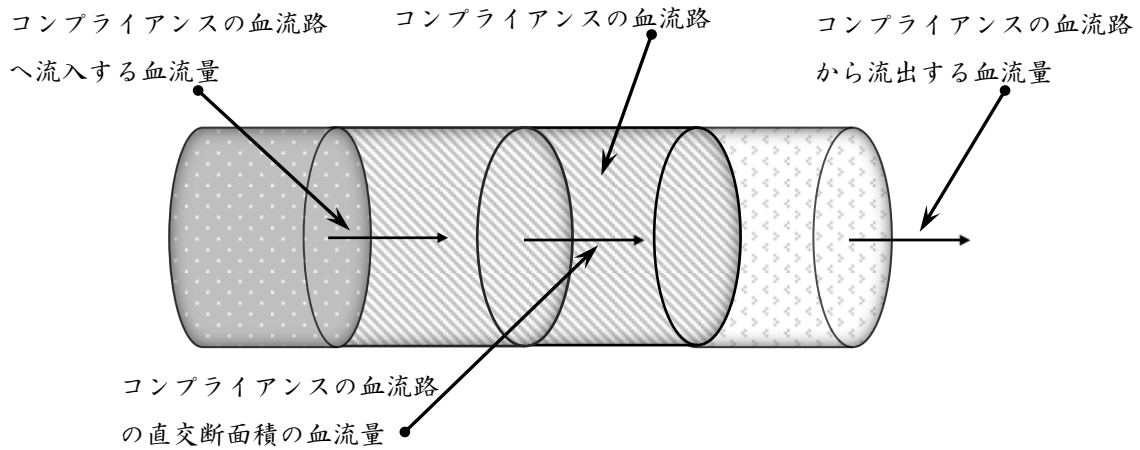


図 5.2.2 コンプライアンスの血流路の血流量

図 5.2 では、コンプライアンスの血流路から血液量が減少する現象を表示しているものと考えることができる。関数の増減が、このような回路図の表示だけでは明らかではない。図 5.1 および図 5.2 のコンプライアンスの血流路に接続される両端のコンプライアンスの血流路を図 5.2.2 のように仮定できる。その両端に仮定できる血流路の正味の血液量の増減に影響を受ける。

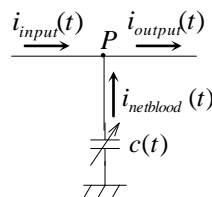


図 5.2 コンプライアンスから流出する血流量

直交断面積を分割して各血流路との距離を短くすることで、血流のより精密な記録を期待できる場合がある。このような記録では、2重性の微視的スケールの説明ができていない。2重性を応用した法則で、宇宙の巨視的なスケールと生体内の微視的スケールの情報処理の研究が可能になるものと2019年現在の著者は期待する。

上述のように回路図で計算できるように正味の血液量を制御できても、血流路に仮定できる慣性質量を(5.2.8)で記述できる。慣性質量(5.2.8)では、血流路の体積密度、コンプライアンスおよび内圧での制御を仮定している。これらの変数は、他の血流路と関係を持つ。さらに、脳神経系との連絡を仮定で

きる。他の臓器の制御を、心臓血管系および脳神経系との連絡から仮定できる。

$$m(t) = \rho(t) \cdot c(t) \cdot p(t), (0 \leq v \leq c, q \neq 0) \dots (5.2.8)$$

5.3 重力 (gravitational force) および加速度座標系で考察する圧力^{1) 2) 4) 5) 6) 7) 20) 21) 22)}

血流路内に各物質が運動をする。加速度運動に加速度座標系を使用する場合には、各加速度座標系を接続して運動を説明することができる。この場合では、各加速度座標系上に一様な重力場を仮定する。一様な重力場を繋げることで全体の重力場を説明するものとする。このように加速度座標系を繋ぐ重力場の空間は、曲面に成るものと仮定できる。血流路内の物質の運動は、曲面である重力場で説明できる。重力場を生じさせるものには、複数個に仮定できる。地球および太陽の質量で説明できる重力場は重要である。このような重力は、他の物質にも重力 (gravitational force) を作用させる。重力の作用で物質の運動が変化して、他の物質にも力を作用させることを仮定できる。その力の作用で、物質の加速度が変化して速度が変化するものと仮定できる。このようなことには、質点の持つ全エネルギーの変化率を (5.1) で説明できる。重力場である曲面上で、血液を構成している物質が移動する。その物質の運動は、(5.1) を満足するように重力場の曲面上の軌道を選択するものと仮定できる。重力場 (gravitational field) である曲面上での軌道は、太陽の重力場で基礎的なエネルギー分布を仮定できる。このようなエネルギー分布では、重力および電磁力 (electromagnetic force) での観察を考察することができる。

$$\frac{dE}{dt} = \mathbf{f} \cdot \mathbf{v} \dots (5.1) \text{ 質点の持つ全エネルギーの変化率}$$

1日を周期として、1年間を扱える2019年現在の地球の環境である。各物質が太陽系のどのような位置で観察できるものかで、人体に対する影響が異なる。体の内側および外側で同じ物質でも異なる現象を示すものと言える。このことでは、情報の入力が五感で説明できる場合には、視覚、聴覚、嗅覚および触覚は度々使う機能であることは日常経験で認めるものである。味覚は、体内に物質の侵入を許すことが考えられることでは先に挙げた機能よりも体に対する影響を考慮することになる。視覚情報では、天体の光で位置および時間の情報を得ることができる。このことでは、太陽系から外での物体の運動に影響を受けている。21世紀の活動では太陽系の外についての報告を受けることもある。体に入力された情報が心臓血管系および脳神経系内の物質の運動を生じさせ、生体情報処理が行われる。この意味では、物質の運動が脳神経系で心に関係を持つことは自明である。心臓血管系での物質の輸送は、脳神経系との連絡で説明できる。心臓血管系内の物質の運動が、体の外に在る物質の運動で決定する。この決定には、脳神経系が関係するが体内に在る物質にも関係する。体内に在る物質は、外部から取り入れることもある。その物質が体内に輸送されるまでに、各地域にどのように関係を持つかで体内に入力される情報——視覚および聴覚などである。細菌の侵入によるもの。——が異なることも仮定できる。このような生体内の情報処理では、心に影響を持ち体が動かされることで外部へ影響を示すことができる。このような現象では、体を構成している非情の物質の運動で時空内での物質の運動を説明できる。

非情の物質の運動と有情の心とを関係させることに有情の心の存在を認める理論があるものか、は問題である。有情の心の説明を必要としないで、非情の物質の運動のみで時空上の物体の運動を説明して時空のすべての現象の説明をできるものと扱う思想をいかに否定できるかは課題である。時空上の非情の物質の運動のみですべての現象を説明できるものと考え、我々の存在についての差別に平等を認める智慧の争いを考える。我々の肉体の死には、死後にも心が存在するものと扱うことがある。この心の存在に、

死後には死後の体を得て存在するものかは諸説があるだろう。このような場合の心にも、我々の死後の心が来歴を持ち生前の活動のエネルギー分布などの影響で物理学の法則に準じた現象として生じているものとも考えることもできる。このような仮定では、我々が持つ智慧から生滅する現象を否定するものとも考えることもできる。智慧は、物質とは異なる。非情である物質の運動で智慧の有無を説明するのに、心を物理学の物質の運動の現象で生じているものと説明することでは、智慧は物理学の現象に含むものと議論している。現象と物質の区別は認めている議論であるが、智慧の有無に客観的な区別を与えているものではない。このような客観性の議論では、我々の心についても同様になる。物理学の現象に含む場合での心および智慧を考えるのに、時空でのエネルギー分布を仮定することになる2019年現在の物理学である。我々の心がエネルギー分布で生じているものと扱うことで、有情の心に作用する力の説明を物理学の力——2019年現在では、重力、電磁力、強い力および弱い力である。——で要求することになる。

有情の心に作用する力は不動の法から作用すること、を否定するものと仮定できる。物理学では、時空に力が作用することを仮定している。時空に力が作用するのに、合力が零であることで慣性の法則が成立して静止していることはニュートン力学での3つの運動の法則のひとつである。アインシュタインの一般相対性理論では、加速度座標系から慣性座標系を観察することで慣性座標系が加速度運動しているように見ることを認めている。このことでは、加速度の相対性を導出できたことになる。アインシュタインの特殊相対性理論では、速度の相対性は導出できても加速度の相対性は導出できていない。加速度の相対性が導出できたことで、ニュートン力学の慣性の法則は成立しないことが説明できる。このことでは、絶対空間を否定できるものとも考える。絶対空間が否定できることでは、不動であることは否定できる。2重性の導出の際には、質点の等速度運動を仮定している——(5.1.52)を仮定する。——。このことでは、不動である静止を否定することになる。

$$\frac{v_{S_wave}(t)}{c} \cdot \frac{v_{S_masspoint}(t)}{c} = 1, (v_{S_masspoint} \neq 0) \dots (5.1.52)$$

物理学の法則は、光速不変の原理および特殊相対性原理を公理として特殊相対性理論を導出している。特殊相対性原理は、慣性座標系上での公理である。一般相対性理論 (the general theory of relativity) では、一般相対性原理に替わる。光速不変の原理は直接的に公理としては扱わず、等価原理を使用する一般相対性理論である。物理学の自然の法則は、一般に時間および空間で議論することを仮定している。自然の意味では、森羅万象を意味することで有形のものを対象とすることが広辞苑に載っている。宇宙の意味でも、宇は空間を意味し宙は時間——あるいは古往今来である。——を意味する。自然に時間および空間を仮定することでは、加速度の相対性で法則の不変性を保証できていない。加速度の相対性では、質点の運動は相対的に加速度運動をしているように観察できる。このことでは、慣性座標系を仮定している。慣性座標系には光速不変の原理が保証されている。光速不変の原理を観測できる座標系に、慣性座標系であることを保証できる。真空中の光の速さが定数であることでは、加速度座標系上での真空中の光の加速度運動から認めることになる。このような慣性座標系の仮定では、加速度の相対性では微視的スケール (microscale) で観測されている現象に一致する理論にはならない。微視的スケール (microscale) では、2重性を観測できる質点の位置が決定論的には観測できない。決定論的に決定しない場合では、自然の法則に不変性を保証できない箇所であるものと扱うことができる。微視的スケール (microscale) および巨視的スケール (macroscale) で、決定論的に観測できることでは宇宙と宇宙の間に真空中の光が無い場合では加速度運動する2つの宇宙を観測できる慣性座標系を仮定できない。2つの宇宙が特殊なホールで

つながる場合では、そのホールの外に真空中の光が無い場合では慣性座標系をホールの外に仮定できない。ここで指摘した個所では、自然の法則の不変性を保証できていない。著者が独自に構築している心のモデルでは、不動である法は無始無終で時間および空間の無い世界に仮定する。その不動である法は、時間および空間の存在する世界に一体であるものと仮定している2019年現在である。その不動である法は、すべてを統合する法であるものと仮定している。

6 正しい法の流れ^{4) 5) 6) 7) 23)}

無始無終の心に妙なる法^{ほう}を具え持つ。その妙なる法から生じる時空を仮定している。その時空に我々の肉体を仮定している。その肉体内で物質の移動が生じている。物質の移動には液体として扱えるものを説明できる。人体が約60兆個の細胞で構成されており、細胞の原形質を造る成分のおおまかな割合は、ほとんどの細胞で水が約85%であり蛋白質が約10%であるものと報告がある。流体として扱う場合には、水および蛋白質にも仮定できる。流体として扱える物質の運動に、液体として扱える現象を考えることで人体内の現象の制御を仮定できるものがある。心臓血管系および脳神経系をそれぞれ中枢として扱うことがある。これらの系では液体の移動が報告されている。心臓血管系内では、血液の流れを説明できる。血液の移動は、血液を構成している物質の移動を説明できる。血流で、老廃物やエネルギーとなるものを運搬する。老廃物は排泄されて、エネルギーになるものを外部から取る。これらのことは、人体内の臓器を制御するのに必要な運搬であるものと扱える。脳神経系内では、電気が生じて脳および神経を制御することは説明されている。脳神経系内のイオンの流れは電流を生じさせている。このイオンになる物質は、細胞膜で制御される報告がある。各イオンとなる物質が膜の穴を通るときに、膜の大きさが変化してイオンの運搬を制御するものと仮定する。このようなイオンの流れでは電気信号を観測できる。神経内の電氣的信号がシナプスに伝搬することで、化学的信号を生じさせることを説明する。化学的信号も物質の流れであるものと扱える。この意味では、流体であるものと仮定できる。流体の流れた量は流量で記述できるものと仮定する。この流量を制御することで、心臓血管系および脳神経系を通して各臓器の制御を仮定する。このような流量の制御で、ヒトの知的活動を制御できることは脳の各部位の機能から説明できることもある。脳と他の臓器との関係から説明できる情の変化を考えることでは、各臓器の状態と気分との関係の経験から得る。

妙なる法に縁を持ち、人体内の物質の運動から生じる現象で心に妙なる法を具えるように我々は目覚めるものと仮定する。無始無終で我々の心が存在して妙なる法に収められており、我々が正体に目覚める時には我々の心は妙なる法を具えるものと考え。妙なる法の心に目覚めるのに、妙なる法に縁を持ち、妙なる法の心に目覚める因縁を持つ心に浄化していくものと仮定する。この因縁から妙なる法の心を顕す果報を招くように縁を得て妙なる法を護ることになる。時空である宇宙が妙なる法から生じているものと仮定して、我々の心が無始無終に存在していることを仮定した。我々の心が妙なる心に目覚めていないで、不浄な心であるものと考え。そのような不浄な心が浄化して妙なる法を具える心に目覚めるのに、人体内の物質の運動で生じさせる現象が正しい法の流れに在るものか考えることになる。正しい法の流れに、上述のように妙なる法を護ることで妙なる法の因縁を心に持つことを仮定できる。このことは、著者が独自に構築している心のモデルで、法^{ほう}は相、性、体、力、作、因、縁、果、報および究竟^{くつきょう}で顕すことになる。究竟は、各法が妙なる法に究竟することを意味する。この究竟では、すべての法は妙なる法に一体であるものと仮定できる。

7 あとがき

正しく現象が生じているものかの判断をするのに、法とは何かの関係する。法が存在することで、眼目を選択することの重要性がある。邪悪な眼目では、悪の法を養うものと考えられることができる。大善の眼目では、大善を養うものと考えられる。眼目に因って養われる法が異なることでは、時空に生じる現象が善悪に結び付けられる。法については、自然の法則の支配を物理学では研究している。このことでは、ヒトの心については脳神経を基礎として生物学、医学および心理学での応用を考えることができる。これらの応用では、エネルギーの分布を仮定した説明を一般的にする。法を心に仮定して心から生じる時空であるものと扱う場合には、時間および空間の無い世界を仮定できる。時間および空間が無いのでエネルギーの分布は導入できない。法の支配を仮定することは、無上道でも許される。しかし、無上道の本尊となる法の支配である。無上道では教主である御本仏よりも御本尊である法が頂上に御安置されることになる。無上道である意味では、正直である。正直であることに善を観る。大善の眼目に無始無終の法を養うことで、無始無終の心が養われる。数千年間に観る現象に、無上道には方便以外の妄語はないものと説明されている。方便の諸経は、仏が無上道に入れるために用いた罪にならない嘘であるものと学ぶ。このようなことが真実であるかは、我々の後生にも関係している。脳神経系の消滅で、心が消滅する場合と無始無終で存在する場合では後生についての意見が大きく異なる。エネルギーの分布で、生死および生滅の問題を考えることができる。エネルギーの分布を決定するのに、我々の心に関係している。我々の心の善悪の差別がエネルギーの分布に影響を持つ。このことで、心の正体については過去からの我々人類の課題でもある。人工知能に心認めることができるかの議論が有るようである。このことでは、ヒトと人工知能を持ったロボットとの区別の問題を考えることができる。

ヒトの体にも人工知能の回路にも電気量および慣性質量は関係することを理論物理学から考察できる。2重性の計算では、光にも圧力を計算できる。光は巨視的には波であり微視的には光子と呼ばれる粒子であるものと説明できる。光子の集まりであることは、アインシュタイン先生の光電効果およびコンプトン先生のコンプトン効果で説明できる。光子の移動は、原子から光が放出あるいは吸収される報告でも説明できる。このことでは、物質が結合する際に電子の位置に関係することにも不確定性に2重性が関係する。不確定性で位置がはっきりわからない場合でも、電気量および静止質量は2019年現在の理論物理学の自然の法則では各物質に決定した量が保証されているものと扱える。このような保証された物理量を使用して速度あるいはエネルギーを説明できる。この意味では、基礎的であり権威的な量である。

善悪の差別が相対的に扱われるのに、保証されている物理量を基礎として情報処理を考えてみる。このことで、心が相、性および体を持つことを仮定するのは時空と心とが一体であることを説明する試みである。時間および空間が無い世界の心と物理学の時空の世界は区別をつけることになるが、一体であるものと考えられる。ここで、文字を通してひとつになるのに我々の心および体を考えることができる。

付録

i ガリレイ変換式 (2.1) ~ (2.4) の不変量について¹⁾

ガリレイ変換 (2.1) ~ (2.4) での不変量である絶対加速度 (the absolute acceleration) である。ニュートンの運動方程式 (a.1.1) の右辺に慣性質量 (a.1.2) を記述している。運動方程式 (a.1.1) の右辺のベクトルは加速度ベクトルである。慣性質量 (inertial mass) (a.1.2) は定数であることを (a.1.3) で仮定している。このことで、慣性質量 (a.1.2) はガリレイ変換 (2.1) ~ (2.4) で変化しない。これらの不変の慣性質量および絶対加速度では、ニュートンの運動方程式 (Newtonian equation of motion) がすべての慣性座標系で不変である。このことで、絶対時間 (absolute time) を仮定した絶対空間 (absolute space) 上で質点に作用する合力 (3.1) はすべての慣性座標系で不変である。この意味では、ニュートン力学の慣性座標系では質点に作用する合力は絶対となる物理量のひとつである。

$\mathbf{f} = m_{\text{in_Newton}} \cdot \mathbf{a}, (m_{\text{in_Newton}} = \text{const.}) \cdots (\text{a.1.1})$ ニュートンの運動方程式 (Newtonian equation of motion)

$m_{\text{in_Newton}} = \frac{|\mathbf{f}|}{|\mathbf{a}|}, (m_{\text{in_Newton}} \neq 0, |\mathbf{a}| \neq 0) \cdots (\text{a.1.2})$ 慣性質量 (inertial mass)

$m_{\text{in_Newton}} = \text{const.} \cdots (\text{a.1.3})$ ニュートン力学の慣性質量 (inertial mass)

ii 連続の方程式 (the equation of continuity) ^{1 2) 2 4)}

(a.2.1) は、電磁気学で使用する連続の方程式である。連続の方程式 (a.2.1) の右辺の (a.2.2) は体積の電荷密度である。連続の方程式 (a.2.1) の (a.2.3) は電流密度である。(a.2.2) および (a.2.3) は空間の軸の変数および時間軸の変数を独立変数としている多変数関数である。連続の方程式 (a.2.1) の右辺に使用している記号は、(a.2.4) である。ナブラと呼ぶことがある。

$$\nabla \cdot \mathbf{j} + \frac{\partial \rho_e}{\partial t} = 0 \cdots (\text{a.2.1})$$

$$\rho_e(x, y, z, t) \cdots (\text{a.2.2})$$

$$\mathbf{j}(x, y, z, t) \cdots (\text{a.2.3})$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i}_x + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j}_y + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k}_z, (\text{nabla}) \cdots (\text{a.2.4})$$

流体力学 (fluid dynamics) では、連続の方程式を慣性質量について使用する場合もある。各位置に流体が有る時に速度 (a.2.5) になるものと仮定することがある。各位置に流体が有る時に慣性質量の体積密度が (a.2.6) であるものと仮定することがある。この場合では、慣性質量の連続の方程式は (a.2.7) になる。

$$\mathbf{v}(x, y, z, t) \cdots (\text{a.2.5})$$

$$\rho(x, y, z, t) \cdots (\text{a.2.6}) \text{ 慣性質量の体積密度}$$

$$\nabla \cdot (\rho \cdot \mathbf{v}) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \cdots (\text{a.2.7})$$

(a.2.2), (a.2.3), (a.2.5) および (a.2.6) では、場と呼ばれるものを仮定しているものと扱うことがある。場が、電磁場あるいは静電場で使われることは有名である。空間の変数を独立変数として、場の各位置で場の特性を示すことを記述しているものと扱うことがある。上述の場合では、時点独立変数として時点の変化に対して場の特性も変化するものと考えることができる。

iii 熱力学系での圧力の記述^{1 2)}

理想気体を使用した運動論 (kinetic theory) で, 理想気体の圧力 (a.3.1) を使用することがある. 理想気体の圧力 (a.3.2) には理想気体の体積密度 (a.3.3) および理想気体を構成している分子 (molecule) の速さの2乗の平均値 (a.3.4) を使用して, (a.3.1) が導出されている. 分子の速さの2乗平均 (mean-square) 値 (a.3.4) は, (a.3.5) で記述できる. (a.3.1) では, 巨視的スケールの圧力を微視的スケールの分子の速さの2乗の平均値で記述している. このことでは, 微視的スケールの平均値が観測の影響での変動が大きいことを物理学書で読んだ覚えがある著者である.

$$p = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot \overline{v^2} \dots (a.3.1)$$

$p \dots$ (a.3.2) 圧力

$\rho \dots$ (a.3.3) 理想気体の体積密度

$\overline{v^2} \dots$ (a.3.4) 分子 (molecule) の速さの2乗の平均値

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3} \cdot \overline{v^2} \dots (a.3.5)$$

参考文献 (References)

- 1) [富岡和人, “ガリレイ変換および絶対速度”, pp.8-27, pp.50-57, p.66.](#)
- 2) [富岡和人, “慣性力および加速度”, pp.6-12, pp.16-17, pp.32-78.](#)
- 3) [富岡和人, “特殊相対性理論のエネルギーの変換と相対論的質量の変換”, pp.5-23, pp.78-80, pp.87-89, pp.106-132.](#)
- 4) [富岡和人, “理論物理学での波の関数3”, pp.13-21.](#)
- 5) [富岡和人, “理論物理学での波の関数4”, pp.10-16.](#)
- 6) [富岡和人, “理論物理学での波の関数5”, pp.4-7.](#)
- 7) [富岡和人, “理論物理学での波の関数7”, pp.42-44.](#)
- 8) Peter J. Mohr, David B. Newell, and Barry N. Taylor, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 20899-8420, USA, (Received 28 April 2016; accepted 6 September 2016; published online 22 November 2016), CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2014, p.57. (<http://physics.nist.gov/cuu/Constants/codata.pdf>)
- 9) [富岡和人, “特殊相対性理論の速度の変換”, pp.20-32.](#)
- 1 0) [富岡和人, “電位の簡単な入門 2007 第 5 回”, pp.19-49.](#)
- 1 1) ROBERT RESNICK, 1968: INTRODUCTION TO SPECIAL RELATIVITY, John Wiley & Sons, Inc., pp.158-159, p.222.
- 1 2) ROBERT RESNICK, DAVID HALLIDAY, KENNETH S. KRANE, 1992: PHYSICS 4th Edition Volume1, John Wiley & Sons, Inc., pp.355-356, pp.364-365, pp.378-388, pp.397-402, pp.494-500, pp.509-521, pp.547-558.
- 1 3) ROBERT RESNICK, DAVID HALLIDAY, KENNETH S. KRANE, 1992: PHYSICS 4th Edition Volume2, John Wiley & Sons, Inc., pp.881-883.
- 1 4) H.A.LORENTZ, A.EINSTEIN, H.MINKOWSKI AND H.WEYL, 1923 TRANSLATION: THE

PRINCIPLE OF RELATIVITY, DOVER PUBLICATIONS, INC. , pp.35-65 , pp.67-71 , pp.97-108.

- 1 5) [富岡和人, “AL COM.CVSSyst.1 on Dec. 27, 2006”, 心臓血管系に関する研究報告, \(2006-12-27\), pp.7-18, pp.29-31, pp.58-65.](#)
- 1 6) [富岡和人, “AL COM.CVSSyst.2 on Dec. 25, 2008”, 心臓血管系に関する研究報告, \(2008-12-25\).](#)
- 1 7) [富岡和人, “心臓血管系の回路モデルの簡単な初級講座 2007 第一回”](#)
- 1 8) [富岡和人, “心臓血管系の回路モデルの簡単な初級講座 2007 第二回”](#)
- 1 9) [富岡和人, “心臓血管系の回路モデルの簡単な初級講座 2007 第三回”](#)
- 2 0) [富岡和人, “理論物理学での波の関数 1”](#)
- 2 1) [富岡和人, “理論物理学での波の関数 2”](#)
- 2 2) [富岡和人, “理論物理学での波の関数 6”, pp.16-63.](#)
- 2 3) 富岡和人, “細胞膜の回路モデル”, 信学技報, MBE2001-64, Jul.2001
- 2 4) Vladimir A.Zorich, Roger Cooke(Translator), 2004: Mathematical Analysis II, Springer, pp.304-306.
- 2 5) [富岡和人, “電位の簡単な入門 2007 第 1 回”, pp.16-20, pp.33-55, pp.61-63.](#)
- 2 6) [富岡和人, “電位の簡単な入門 2007 第 2 回”, pp.4-17, pp.19-32.](#)
- 2 7) [富岡和人, “電位の簡単な入門 2007 第 3 回”.](#)
- 2 8) Vladimir A.Zorich, Roger Cooke(Translator), 2004: Mathematical Analysis I, Springer, pp.180-181.

免責事項

著者、A LIFE COM.および外部の情報提供者は、ユーザーに対しこの Web サイトの内容について何ら保証するものではありません。ユーザーが A LIFE COM.の Web サイトを利用したことにより被った損失・損害、その他 A LIFE COM. の Web サイトに関連して被った損失・損害について、著者、A LIFE COM.および外部の情報提供者は、一切責任を負いません。

本資料は情報提供を目的として作成したものです。本資料の真偽に対しては、著者、A LIFE COM.および A LIFE COM.のバイオ研究室は一切の責任を負いません。

著作権

Copyright © 2019 富岡和人 All rights reserved.

文書のプロパティの文書に関する制限の概要の表示内容については著者の許可のないものとします。

本ドキュメントのバックアップのコピーは許可します。

本ドキュメントを私的利用の範囲内で印刷することは許可します。

体積密度および弾性特性で記述する圧力 とみおかかずひと 富岡和人 著

作成日：2019年12月31日

発効日：2019年12月31日

2019年現在では、下記のページでの著者の著作物である PDF ファイルのダウンロードのみが著者が著作権で承諾しているインターネット上のページでのダウンロードになります。

ホームページ

<http://www.alifecom.info/>

<http://alifecominfo.aikotoba.jp/>

<http://alifecom.g2.xrea.com/>

<http://www.アライフカム.jp/>

電気の回路のページ

http://www.alifecom.info/circuit_analysis.htm

http://alifecominfo.aikotoba.jp/circuit_analysis.htm

http://alifecom.g2.xrea.com/circuit_analysis.htm

http://www.アライフカム.jp/circuit_analysis.htm

特殊相対性理論のページ

<http://www.alifecom.info/relativity.htm>

<http://alifecominfo.aikotoba.jp/relativity.htm>

<http://alifecom.g2.xrea.com/relativity.htm>

<http://www.アライフカム.jp/relativity.htm>

波のページ

<http://www.alifecom.info/theoryofwaves.htm>

<http://alifecominfo.aikotoba.jp/theoryofwaves.htm>

<http://alifecom.g2.xrea.com/theoryofwaves.htm>

<http://www.アライフカム.jp/theoryofwaves.htm>

慣性力および加速度のページ

<http://www.alifecom.info/inertialforceandacceleration.htm>

<http://alifecominfo.aikotoba.jp/inertialforceandacceleration.htm>

<http://alifecom.g2.xrea.com/inertialforceandacceleration.htm>

<http://www.アライフカム.jp/inertialforceandacceleration.htm>