理論物理学での波の関数６

――ひとつの質点に説明できる波の性質――

A LIFE COM. バイオ研究室

富岡和人

１　まえがき

著者が独自に構築している波の理論では，正円で正弦波を定義した．この定義は，文献１および文献２で与えた．正弦波を使用して，フーリエ級数で波を解析できる．波を解析する際に，波としての量に波の速さ，波長および振動数を使用する．これらの量は文献１で定義した．文献３では，正円を使用して時間を著者が独自に定義した．その時間は，波を使用して定義している．そのような時間の定義では，波の速さ，波の伝搬する距離および時間は同時に存在する．その時間で計算できる時点は，慣性座標系の時点である．２０１２年現在では，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使用する慣性座標系であるものと仮定した．アインシュタインの特殊相対性理論では，質点の持つ全エネルギーを使用して光が質量を持つ質点であることを予言している．このことでは，特殊相対性理論で光の波および粒子としての性質を説明している．特殊相対性理論では，電磁気学でのエーテルの問題に答えている．この解答をする場合には，光が電磁波であることで真空中の光の速さで伝搬することを計算する．真空中の光を使用して時間を計算することでは，光が曲がることを計算していない．真空中の光が等速直線運動することを仮定している．著者が定義した時間では，正円の円周を点が等速で回転し続けることで波の周期を計算できる．その点の計算では，等速であることを数学の計算式で処理できる．このことでは，円周上の距離および点の速さで計算するのに慣性座標系上での質点が持つ全エネルギーを仮定できる．このことから，質点系を構成する各質点の全エネルギーを仮定する．慣性座標系上の各位置に定義する時計の時間が，質点の全エネルギーで円周上の点に対応を得る．この対応関係で．正円で仮定する時計に質点が対応する．この対応関係では，質点の全エネルギーで時計の周期を与える方法を著者の著作物である理論物理学での波の関数１～５までで説明していない．理論物理学での波の関数６では，その方法について説明している．

２章では，正円で時点を使用して波および質点を結ぶ時間およびエネルギーについて考察している．波はフーリエ級数で描くことができるものと仮定して，慣性座標系上の質点との関係を説明する正弦波の速さおよび振動数で時計の時間の計算式を与える．２章１節では，ニュートン力学での絶対空間を否定できる考察をする．２章２節では，ニュートン力学での絶対時間を否定できる考察をする．１節および２節では，時間の計算式についての考察である．

３章では，光の波および粒子としての２重性を考えながら時計について説明している．光の２重性を一般の質点に仮定することでの時間の計算を波で考える．このことでは，特殊相対性理論とは異なる時計について触れている．

４章では，著者が独自に構築している波の理論を使用して質点が備える振動数を導出するための準備として著者が定義した静止質量について説明している．４章以降でも静止質量および慣性質量――静止質量を定義する際に使用したもの．――を使用する．

４章１節では，著者の独自の波の理論での質点が備える振動数の導出方法について説明している．質点が備える振動数が導出できることで，その波の波長を仮定できる．その波長から正円の半径を導出した．

４章２節では，質点が備える振動数の周期および真空中の光の周期について考察している．質点が持つ全エネルギーを使用して慣性座標系上での質点の運動について考え，エネルギーの配分および情報の伝達について考察している．

４章３節では，慣性座標系間での時間の進み方について考察した．その際に，質点が備える振動数の波長を導出するのに使用する式を導出している．

４章４節では，質点が備える振動数の波長を導出する．その導出された波長の式を使用して真空中の光子の波長につい

て計算する．この計算は，アインシュタインの光量子仮説および質点の持つ全エネルギーを使用した計算結果に一致する．

４章５節では，質点の備えている振動数の波の速さを質点の全エネルギーおよび運動量で記述する式を導出している．その波の速さの式は，２重性を考察するのに使用できる．次回以降の考察でも使用できる．

４章６節では，質点が静止する慣性座標系での時計について考察している．この考察で，質点が備える振動数を使用することで簡単に考えられる慣性座標系上での時間の進み方を考える．この応用では，質点の持つ全エネルギーで物質の存在について振動数で説明できる．質点の等速度の速さがどこまでも零に近づくことを仮定して，質点が慣性座標系上に静止することを極限値で計算している．ここの議論では，その質点の波の速さ，波長および全エネルギーについて考察している．これらの量は，正円で時間を計算することで，物質の生滅までも議論の対象となる．

４章７節では，質点の備える振動数を使用して２つの慣性座標系での振動数の変換を導出する．この振動数の変換は，アインシュタインの特殊相対性理論を使用したものに等しい．さらに，波の振動数を使用して，慣性座標系上の質点の等速度の速さを導出した．

５章では，４章７節までの計算を使用して時間およびエネルギーについて考察している．質点の等速度の速さ，時間，質点が備える振動数の波長および波の速さについて，著者の意見を述べている．

６章では，著者が独自に構築している波の理論の２重性の導出理論をドブロイ波と比較している．著者が正円での時計を使用することでは，ドブロイ波とは特徴的に異なる．質点が備える振動数および波長の式については，特殊相対性理論をドブロイ波に使用することで導出できる式で一致することを説明している．

付録では，波長が無限大に発散する場合で波の速さが零になることについて考察している．ここでは，波の速さが無限大になる場合でニュートン力学の相互作用について考察している．

文献１，２，３、１５および１６は，本書の理論物理学での波の関数の第１回から第５回である．第１回および第２回で正弦波を定義した．第３回では時間を定義し，心が無始無終で有ることを仮定した．そのことを応用して，著者が独自に構築している心の言葉のモデルを説明した．第４回では，物理学の法則を含めた世界のすべてを統べる法の統一について考察した．工学研究としての心のモデルでは，主師親の三徳を導入して議論した．第５回では，正円に五行を採用し考察をした．このことでは，正円で波を描き心について考察することを試みた．さらに，正円で弧度を計算する際の注意すべき個所について説明した．

文献４はＣＯＤＡＴＡの物理量を発表しているファイルである．基礎定数の値を知ることができる．インターネット上でダウンロードしたファイルである．著者が文献４をダウンロードしたサイトは，NationalInstitute of Standards and Technology――略称は NIST である．――のサイトである．このファイルのプランク定数で使用したファイルである．真空中の光の速さを参考にした．

文献５はＳＩのファイルである．インターネット上でダウンロードしたファイルである．国際単位系の基礎を与えるファイルである．長さ，質量，時間，電流，熱力学温度，物質量および光度が SI で定義する基本量である．このファイルの真空中の光の速さは，ＳＩの長さの定義で使用したものを採用した．

文献６および８は，著者の特殊相対性理論でのファイルである．文献６では，特殊相対性理論での速度の変換を導出して説明している．慣性座標系上の各位置に定義している時計の同期について考察している．長さが収縮することも考察している．速度の定義を与えている．著者が大学生の時に読んだ和書の物理学の専門書では，速度を質点で定義していないで点で与えているものがあった．著者は，質点で速度を定義した．文献２１では，質点で加速度を定義した．文献８では，質量および全エネルギーの変換を導出している．静止質量を著者が独自に定義している．その静止質量を導出している．全エネルギー，振動数の変換および波長の変換も導出している．運動量の変換および運動量の成分-エネルギーの変換も導出している．ニュートン力学およびアインシュタインの特殊相対性理論での慣性座標系上での運動量の考察をしている．

文献７では，１９５０年代の理論物理学の専門書である．ドブロイ波について説明している．不確定性原理を使用した考察で２重性を説明している．

文献９および１０は，著者が基礎物理学を学んだ専門書である．波の運動，電磁波の運動量およびドブロイ波について説明している．著者の基礎物理学は文献９および１０を基礎にして，２０１５年現在での著者の独自の体系を主張する専門性に移ってきている．

文献１１は，ドブロイ波および群速度について説明している１９６０年代の専門書である．アインシュタインの特殊相対性理論を応用した計算を説明している．

文献１２は，特殊相対性理論および一般相対性理論についてのアインシュタイン博士の論文を英訳した本であるものと扱われている．慣性質量および重力質量が等しいことを説明する論文が載っている．

文献１３および１７～２１は，著者が電位について説明したファイルである．著者が大学生の時に専門書および大学の講義で質点のみでポテンシャルエネルギーおよび力学的エネルギー保存の法則を説明していた．文献１７で，著者は質点系でポテンシャルエネルギーの定義を与えた．さらに，著者は力学的エネルギー保存の法則を質点系で説明している．付録では，質点系のエネルギー保存則，特殊相対性理論の全エネルギーおよび光量子仮説での量子エネルギーを説明している．著者が大学生の時には，質点系のエネルギーの保存則はほとんど説明がなく質点のみでの力学的エネルギーの保存則で済ませていることを経験した．文献１３では，クーロン力を説明している．クーロン力を使用して静電気的ポテンシャルエネルギーを導出している．付録では，電気素量，国際単位系での真空中の誘電率および真空中の光の速さを説明してボーアの原子モデルについて説明している．ボーアのモデル理論は，このファイルで質点が備える振動数を導出する理論に関係がある．付録では，誘電率に負号を仮定して静電気力および静電気的ポテンシャルエネルギーも考察している．著者が大学生の時の専門書では誘電率は正の値で説明されており負の値は説明していないものが一般である．負の誘電率について触れたことが有るので付録で考察している．文献１８では，著者が静電気的ポテンシャルエネルギーで電位を定義している．著者が大学生の時の専門書では仕事量を使用して，無限遠から静電気力に抗して点電荷を移動させて電位あるいは電圧の説明をしていた．この説明では，電位を定義していないで物理量である電位の説明をしているものと考えられる．あるいは，電位の定義としては不適切なものとして著者は扱うものである．そのような，無限遠から点電荷を静電気力に抗して移動させる説明は電位の説明よりも起電力の説明の方が適切なことも考えられる．起電力は文献２０で著者が定義したものがある．文献１８では電位の重ねわせの原理も説明している．付録では誘電率に負号を仮定して電位を考察している．文献１９では，文献１８で著者が定義した電位を使用して電位差の定義を与えた．既に説明したように仕事量で電位差を定義したもの，あるいは電位差の定義をしないで電位差の説明をする専門書ばかりとも思う状況を著者が大学生の時に経験した．等電位面，導体，ガウスの法則およびコンデンサの説明をした．付録では，マクスウェルの方程式系について簡単に説明した．文献２０では，第４回までのものを応用して回路解析をする．その解析では，起電力，電流およびインダクタンスを使用する．これらを著者が定義したもので説明した．オームの法則では，大学の専門書では不適切であるものと著者が扱うものがある．ここでは，文献９で学んだオームの法則について説明した．電気量の保存則およびキルヒホッフの法則についても説明した．キルヒホッフの法則の第２法則――電圧平衡の法則とも和書では呼んでいる．――では，質点系のエネルギーの保存則を応用して導出した．文献２１では，電位の定義について著者の意見をまとめている．幾つかの実際に在った文献を使用して著者の電位の定義との比較をした．

文献１４では，微分積分学についての専門書である．著者が使用している微分係数および微分の定義は文献１４のものである．

文献２２および２３は，著者の大学院の時での専攻になる心臓血管系の回路モデルの論文である．文献２２は著者の修士論文を基礎にしている．心臓血管系の回路モデルの基礎理論を与えている．その基礎理論では，コンプライアンスおよ

び流れの抵抗を著者が独自に定義している．修士論文には説明していないものでは，プレッシャホロワおよび内圧制御内圧源を定義している．文献２３では，著者の独自に定義した血流量，正味の血液量およびインダクタンスを説明している．これらの量は，文献２２の基礎理論に応用する．コンプライアンスの計算では，著者が大学の学部の研究室で研究をする前に発表されていた計算方法がある．その計算方法では，分母が零になる計算であることが著者にはわかった．このことで，分母が零にならない計算方法を著者が独自に発見した．さらに，既出のものでは心臓内に血液が有ることで心臓が収縮および弛緩することを仮定している．このことは，生理学の報告とは異なる．心臓に血液を蓄えて，心臓に収縮および弛緩するようにエネルギーを与える必要がある．このエネルギーの補給を著者の独自の理論では，内圧制御内圧源で説明している．内圧に関しては，大気圧分を心臓および血管内に作用している内圧から引いたものを血圧として使用されることがある．この血圧をそのまま計算に使用することを主張した理論が既出のものであった．著者が独自に構築した心臓血管系の回路モデル理論では，血圧に大気圧分を加えた元の内圧を使用して計算している．

文献２４～文献２６は，著者の心臓血管系の回路モデルについての初心者向けの説明をしているファイルである．文献２２および文献２３での初心者向けの箇所を使用して説明しているファイルである．

目次

1 まえがき **1**
目次 **5**
2 正弦波の独立変数の解釈[1), 2), 3), 4), 5)] **6**
2.1 ニュートン力学での絶対空間を否定することを仮定する[6)] 11
2.2 ニュートン力学での絶対時間を否定することを仮定する[6)] 12
3 慣性座標系での速さ[3), 6), 7)] **12**
4 質点の振動数および波長[8), 9), 10)] **15**
4.1 質点の振動数，波長および波を描く正円の半径[1), 2), 3), 5), 8), 10)] 16
4.2 質点で説明する波の周期およびエネルギーの関係[1), 8), 10), 11)] 20
4.3 質点の静止質量，全エネルギーおよび運動量の関係[8), 9)] 26
4.4 質点の運動量および波長の関係で考察する質点の速さおよび波の速さの関係[1), 2), 8), 11)] 30
4.5 質点の持つ全エネルギーおよび運動量で記述する波の速さの関係 41
4.6 静止している質点の波の性質 43
4.7 群速度および質点の等速度の速さ[11), 12)] 54
5 時間およびエネルギーの関係[3), 8), 11), 12)] **63**
6 ドブロイ波の２重性および著者が独自に構築している波の理論の２重性の比較[8), 11), 13)] **78**
7 あとがき **83**
付録 **84**
i. 無限大の波長および波の速さについて[3), 11)] 84
参考文献 **87**
免責事項 **88**
著作権 **88**

2　正弦波の独立変数の解釈 [1),2),3),4),5)]

正弦波（sinusoidal wave）の速さ（2.1）は円周上を等速で回転し続ける点（point）の速さ（2.2）に等しいものと定義した．この定義（2.2）では，時点（2.3）を仮定してから距離（distance）および速さ（speed）の関係（2.4）を与えている．距離および速さの関係（2.2）および（2.4）では，時間（2.5）を時点（2.3）の差で計算している．

$v_{\mathrm{wave}}(t)\cdots(2.1)$ 波の速さ

$v_{\mathrm{wave}}(t)\equiv\lim_{h_t\to0}\dfrac{l(t+h_t)-l(t)}{h_t}\cdots(2.2)$——正円上に仮定した点で定義する——波の速さの定義

$t\cdots(2.3)$

$l(t+h_t)-l(t)=v_{\mathrm{wave}}(t)\cdot h_t+\alpha_l(t;h_t),\left(\lim_{h_t\to0}\alpha_l(t;h_t)=0\right)\cdots(2.4)$

$h_t\cdots(2.5)$ 時間

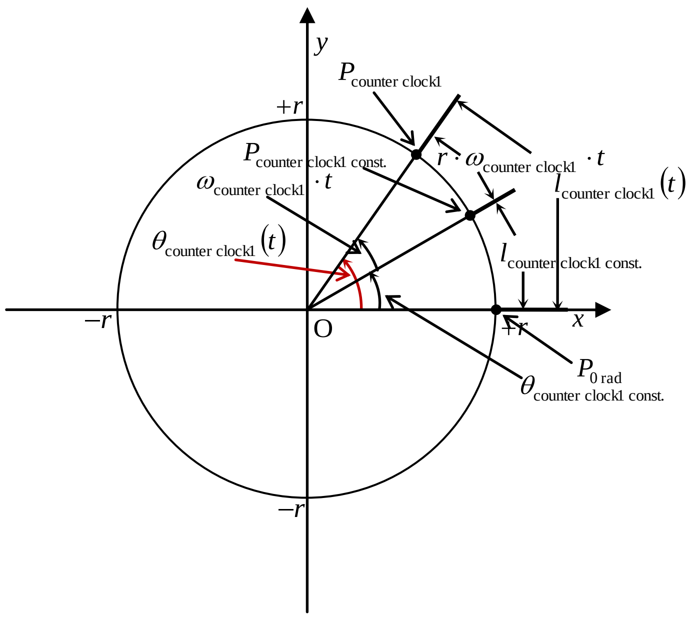

図 2.1　加算での逆時計回りの弧度

$\theta_{\mathrm{counter\ clockl}}(t)=\omega_{\mathrm{counter\ clockl}}\cdot t+2\cdot\pi\cdot\dfrac{l_{\mathrm{counter\ clockl\ const.}}}{\lambda_r}$

時間は，関係式（2.4）の右辺の第１項に記述した微分（differential）（2.6）で距離および速さを与える時点（2.3）の近傍（neighborhood）で計算可能である．この時点（2.3）の近傍の時間は，その時点に対応する距離および速さと共に存在する．

$\mathrm{d}l(t)=v_{\mathrm{wave}}(t)\cdot h_t\cdots(2.6)$ 円周上の点の移動距離の微分

微分（2.6）の距離，速さおよび時間は，正円上の点の等速での回転が絶え間なく続くことで説明している．理論物理学では，等速直線運動で伝搬（propagation）する正弦波を仮定することで慣性座標系（inertial coordinate-system）上での質点の等速度運動を導入できる．質点の等速度運動でエネルギーを仮定できる．このことでは，距離，速さ，時間およびエネルギーが共に存在することを説明する．理論物理学での定義の順序では，エネルギーは距離，速さおよび時間を使用して定義する．このような順序で，速さおよび時間を考えると，時間は時点で計算する．時点は０ s の時から観測（observation）することで時間を意味する．微分（2.6）では，時点（2.3）を仮定してある．円周上の点の移動距離の微分（2.6）での時点（2.3）の近傍の時間，距離および速さを，その時点（2.3）で定義できることを説明している．時点（2.3）の近傍が０ s 以後しか仮定できない場合では，０ s 以後での時間（2.5），距離（2.6）および速さ（2.2）の時点（2.3）に定義できる．

時間（2.5），距離（2.6）および速さ（2.2）の時点（2.3）は正円で説明できるので慣性座標系を必要としない．エネルギーを導入する際に慣性座標系を採用することになる．

正円の円周を等速で絶え間なく回転し続けることは，その回転をしている点が等速で円周上を距離（2.6）だけ移動する．正円の円周上での速さは正円の半径（radius）で異なることが角周波数（angular frequency）（2.7）を（2.8）に書き直して速さ（2.9）で説明できる．

$\omega(t)\equiv\dfrac{\mathrm{d}\theta(t)}{\mathrm{d}t}\dfrac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\cdots(2.7)$

$\omega_T=2\cdot\pi\cdot\nu\cdots(2.8)$ 正弦波での角振動数および振動数（frequency）の関係式

$v_{\omega_T} = r \cdot \omega_T \cdots (2.9)$

速さ（2.9）で回転し続ける点に対応する慣性座標系を仮定するので，速さ（2.9）でエネルギーを仮定できる．そのエネルギーを記述できる質点は慣性座標系上に静止している．このようなエネルギーを説明する観察では，その正円の半径を速さ（2.9）に対応させて決定する．正円の半径を決定することは，その正円で描く正弦波の波長（2.10）（wavelength）を決定する．

$\lambda \equiv 2 \cdot \pi \cdot r, (0 < \lambda < \infty) \cdots (2.10)$ 正弦波の波長の定義

（2.11）はフーリエ級数である．（2.11）の関数 $f(\theta)$ は，リーマン積分可能な周期関数であるものと仮定する．（2.11）の左辺 $f(\theta)$ の周期は定義区間（2.12）で記述できる．（2.13）の集合 $\mathbf{C}$ は複素数を意味する．

$$f(\theta) = \frac{a_0(f)}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} \left(a_m(f) \cdot \sin(m \cdot \theta) + b_m(f) \cdot \cos(m \cdot \theta) \right) \cdots (2.11)$$

$\theta \in [0, 2 \cdot \pi] \cdots (2.12)$

$f(\theta) \in \mathbf{C} \cdots (2.13)$

エネルギーの観察から正弦波の速さ（2.9）および波長（2.10）を決定できると，振動数（2.14）を計算できる．ここで定義した正弦波は，慣性座標系上の質点が発生させる波（wave）を描くものではない．この正弦波では，等速度運動をする質点の時間を計る時計として扱うことができる正円の正弦波である．この正弦波の弧度は，その質点の波を記述するフーリエ級数（2.11）の弧度である，ものと考える．この議論では，エネルギーおよび振動数（2.14）をひとつの質点に対して仮定している．正円の半径および円周上を等速回転し続ける点の振動数で，そのように等速回転を続ける点で描く正弦波の波長および角振動数を計算できる．その波長および角振動数を使用して弧度を記述できる．弧の弧度を記述するのに時点（2.3）を使用できる．この時点（2.3）に，円周上の点の移動距離の微分（2.6）で円周上の点の移動距離，その点の速さおよび移動時間が共に存在することを保証される．

$\nu \equiv \frac{v_{\omega_T}}{\lambda} \mathrm{Hz}, (\lambda \neq 0) \cdots (2.14)$ 正弦波の振動数の定義

$t \cdots (2.3)$

$\mathrm{d}l(t) = v_{\mathrm{wave}}(t) \cdot h_t \cdots (2.6)$ 円周上の点の移動距離の微分

質点に光子（photon）を仮定する．光子は真空中の光の速さ（2.15）（speed of light in a vacuum）で等速度運動する．この時に（2.15）の右辺の振動数 ν および波長 λ を示すことを仮定する．真空中の光子の持つエネルギーを（2.16）で記述できる．光子のエネルギー（2.16）の右辺にはプランク定数（2.17）（Planck constant）を記述している．

$c = \nu \cdot \lambda \cdots (2.15)$ 真空中の光の速さ

$E(c) = h \cdot \nu \cdots (2.16)$ 光子の持つエネルギー

$h = 6.62606896 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s} \cdots (2.17)$ プランク定数

光子は光の粒子である．このことはアインシュタイン博士の光量子（light quantum）から発展する．ニュートンの理論物理学では光は波として説明できる．マクスウェルの方程式系（Maxwell's Equations）では，電磁波（electromagnetic wave）を記述できる．光は電磁波で説明される．光子の光の波を電磁波で説明することになる．その電磁波をフーリエ級数（2.11）で記述できるものと仮定する．このように考えることで，光子の持つエネルギー（2.16）から振動数が決定できるので真空中の光の速さ（2.15）の右辺の波長が定まる．波長（2.10）を使用することで，正円の半径を決定できる．その正円で計算する弧度は，その光子の振動数および周期で正円の円周を回転する点の位置で計算できる．周期（2.18）を使用すると，その周期（2.18）の時間に移動する距離は光子の波長（2.19）である．

$T \equiv \dfrac{\lambda}{v_{\omega_T}}\,\mathrm{s}, \left(v_{\omega_T} \neq 0\right) \cdots (2.18)$ 正弦波の周期の定義

$\lambda = c \cdot T \cdots (2.19)$

アインシュタインの特殊相対性理論（the special theory of relativity）では，真空中の光の速さで時間を計算している．上述の正円の時計でも光子の持つエネルギーを使用して真空中の光の速さで時間を計算している．円周上の点の移動距離の微分（2.6）から時間（2.20）を導出できる．このことで，時間（2.20）を計算できる．

$\mathrm{d}l(t) = v_{\mathrm{wave}}(t) \cdot h_t \cdots (2.6)$

$h_t = \dfrac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, \left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right) \cdots (2.20)$

時点を独立変数として，正弦波（2.21）の独立変数である弧度（2.22）を記述できる．このことで，正弦波（2.21）の独立変数は時点になる．この弧度（2.22）は，正弦波の速さが定数であるので円周上を回転する点の移動距離が変数（2.23）となることで計算できる．

$r \cdot \sin\left(\theta_{\mathrm{counterclock1}}\left(l_{\mathrm{counterclock1}}\right)\right) = r \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \dfrac{l_{\mathrm{counterclock1}}}{\lambda_r}\right) \cdots (2.21)$

$\theta_{\mathrm{counter\ clock1}}(t) = \omega_{\mathrm{counter\ clock1}} \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot \dfrac{l_{\mathrm{counter\ clock1\ const.}}}{\lambda_r} \cdots (2.22)$

$l_{\mathrm{counter\ clock1}}(t) = v_{\mathrm{counter\ clock1}} \cdot t + l_{\mathrm{counter\ clock1\ const.}} \cdots (2.23)$

図 2.1 では，円周上を等速で点が回転して移動した距離を（2.24）で記述できる．その正円の円周の長さは正弦波の波長（2.25）になる．正弦波の振動数は（2.14）で定義した．角振動数は（2.26）で記述できる．図 2.1 の正円で正弦波は（2.27）で記述できる．このことは，文献３で説明した．

$l_{\mathrm{counter\ clock1}} \cdots (2.24)$ 円周上を等速で点が回転して移動した距離

$\lambda_r = 2 \cdot \pi \cdot r \cdots (2.25)$ 正弦波の波長

$\nu \equiv \dfrac{v_{\omega_T}}{\lambda}\,\mathrm{Hz}, (\lambda \neq 0) \cdots (2.14)$ 正弦波の振動数の定義

$\omega_T = 2 \cdot \pi \cdot \nu \cdots (2.26)$ 正弦波での角振動数および振動数の関係式

$r \cdot \sin\left(\theta_{\mathrm{counterclock1}}(t)\right) = r \cdot \sin\left(\omega_{\mathrm{counterclock1}} \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot \dfrac{l_{\mathrm{counterclock1const.}}}{\lambda_r}\right) \cdots (2.27)$

（2.20）の分母の波の速さが定数であり，分子の距離の微分が変数であることで時間を計算することに一致する．時間の観測は，そのような正弦波の伝搬する距離を使用できる．その正弦波の慣性座標系上での伝搬は，慣性座標系上の質点の持つ全エネルギーを正弦波の振動数で記述できることで存在性を理論上考察できる．質点が備える振動数は，正円の円周上の点が回転することで計算できる振動数である．その点の回転で正弦波が記述できることで，その質点の存在で正弦波の性質を示す振動数を全エネルギーで説明できる．全エネルギーを振動数で記述できることでは，波長を質量で記述できることを４章４節で示す．波長は，慣性座標系上の距離で観測できるものと説明する．質点は体積を定義されていないが，質量はエネルギーを説明するので時間，距離および速さを保証する．この保証で慣性座標系上の物理量を使用した波長および振動数の説明が与えられる．時間は，慣性座標系および正円で計算できる．波の伝搬は，慣性座標系上で定数の速さで伝搬することを仮定している．正円の半径を距離の単位――SI では長さ（length）の単位の m である．――で扱う際には，その正円で描く正弦波の振幅（amplitude）は距離を意味する．弧度の定義（2.21）では，円周上での点の移動距離は（2.22）で記述できる．（2.22）の右辺の距離に記述した SI の基本量（base quantity）である長さの単位を使用

することで，正円の半径は（2.23）の右辺のように長さの単位とは異なるものになる．SI の基本単位（base unit）である長さおよび時間は，慣性座標系で仮定する時空に定義して使用できる．SI の基本量である長さには，２０１５年現在では真空中の光の速さ（2.24）を使用している．この真空中の光の速さはアインシュタインの特殊相対性理論の慣性座標系で使用できる．SI の基本量である長さが定義されている慣性座標系で，円周上を回転している点の移動した距離を長さの単位である m を使用して慣性座標系の距離として扱える．

$$\theta \equiv \frac{l}{r}\,\mathrm{rad}, (r \neq 0) \cdots (2.21)$$

$$l = r \cdot \theta\,\mathrm{m} \cdots (2.22)$$

$$r = \frac{l}{\theta}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{rad}}, (\theta \neq 0) \cdots (2.23)$$

$c = 299\,792\,458\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdots (2.24)$SI でメートルの定義を与える際に，真空中の光の速さ（2.24）の値に定義した．

角振動数（2.7）を定義したことで，SI での単位を（2.7）の右辺に記述した．図 2.1 の円周上を回転する点の等速の速さを（2.9）で記述できる．（2.9）の右辺では，単位は（2.25）のように記述できる．弧度の単位 rad は正円で計算する際に使用する．慣性座標系では単位として記述しないで（2.25）のように単位を表示する．このことでは，正円の半径（2.23）を慣性座標系上の長さとして扱う際に同様である．

$$\omega(t) \equiv \frac{\mathrm{d}\theta(t)}{\mathrm{d}t}\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}} \cdots (2.7)$$

$$v_{\omega_T} = r \cdot \omega_T \cdots (2.9)$$

$$v_{\omega_T} = r \cdot \omega_T\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdots (2.25)$$

図 2.1 のような正円を使用した計算では，理論物理学で与えられた座標系上で使用する単位の記述と正円のみで使用する単位の記述では異なる扱いが生じる．このことで，正円上の座標を表示するのに図 2.1 の y 軸の値は（2.26）であり，x 軸の値は（2.27）で記述できる．（2.28）は座標の表示である．座標（2.28）は，正円のみで使用する際には弧度の単位を使用する．慣性座標系上の SI の基本単位である m は慣性座標系で使用するので，物理学を使用しないで正円のみで説明する場合の座標（2.28）では表示しない．

$$y = r \cdot \sin\theta \cdots (2.26)$$

$$x = r \cdot \cos\theta \cdots (2.27)$$

$$(x, y) = (r \cdot \cos\theta, r \cdot \sin\theta) \cdots (2.28)$$

円周上の長さ（2.22）は数学で導出されるものである．単位は物理学で与えるものである．正円上での数学の計算では記述しないことは，理論上の要請として存在するものと著者は考える．理論物理学で与える座標系上では，単位を使用して計算することが理論上要請されるだろう．正円での計算は力学の振動現象を説明するのに使用する．このような計算での直交座標系は慣性座標系上の平面を与える直交座標系として扱うことが可能であるものと，２０１５年現在の著者は考える．このことで，単位を使用できる．SI での弧度（2.21）の単位の記述でも組立単位（derived unit）である radian――SI の組立量（derived quantity）である平面角（plane angle）である．――は，SI での単位記号の表示は（2.29）の右辺で記述でき（2.30）の右辺になる．

$$\theta \equiv \frac{l}{r}\,\mathrm{rad}, (r \neq 0) \cdots (2.21)$$

$$\mathrm{rad} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m}} \cdots (2.29)$$

$$\mathrm{rad} = 1 \cdots (2.30)$$

図 2.1 を理論物理学に導入して応用する際には，数学での計算が図 2.1 で可能になる．この計算では，上述のように単位の表示は不要になる．慣性座標系のような理論物理学での座標系で，物理学の理論を表示する際には単位を使用する．このことでは，図 2.1 はエネルギー，運動量（momentum），振動数および波長で慣性座標系に関係を与えることができる．このことは４章で導出する．そのように，図 2.1 の正円に慣性座標系との関係を与える SI の基本量に時間を使用できる．この関係では，正円の円周上を等速で回転する点を使用して数学で物理学の周期を計算できる．その周期を使用して時点を説明できる．このような時間の考え方では，数学で記述する周期を理論で与える．真空中の光の速さで時計を仮定するアインシュタインの特殊相対性理論の時計とは異なる．円周上を仮定する点の速さは真空中の光の速さを理論上は超えることも可能である．正円で計算できる理論上の時間を理論物理学の座標系で使用する際に，座標系上のエネルギー，運動量，振動数および波長で関係を与える．図 2.1 では，振動（oscillation）および波を数学の計算で記述するのに正円の半径および円周の長さの単位を使用しない．このことでは，慣性座標系の物理量と関係を与えられることで説明する振動および波の現象には，振幅に物理量の単位を考えることになる．その計算では，時計として図 2.1 の正円を用いることで時間を計算でき弧度を計算できる．この意味では，正円の半径は理論物理学での長さとしては扱わないことが有る．正円の半径は，慣性座標系を伝搬する波の振幅であるものと仮定する．このことで，理論物理学で説明する波の振幅の物理量を仮定することで座標系での物理現象の観測を説明できる．図 2.1 のような正円では正弦波を描く．複雑な波形を描く際には，フーリエ級数（2.11）を使用することで考える．フーリエ級数（2.11）の右辺の各項の正弦波を図 2.1 のような正円で描くことができる．各項の弧度は，それぞれの正弦波を描くのに使用した正円で計算できる．その弧度の計算に使用する時点を慣性座標系上の各位置（position）に定義されている時計の時点に等しいものと仮定する．距離の微分（2.6）の定数である時点の時に，正円を時計に扱う時間の計算から時空での時間，距離および波の速さが存在することを保証する．この保証している時間を観測するのに波を使用することは，振動数で質点に関係を与える．真空中の光の速さを超える速さでも時間を計算できることは，質点が備える振動数の波で説明できる．正円での計算は数学の計算で得た時間である．この時間は，質点の備える振動数の波を記述する正弦波の速さおよび波長を使用した時間（2.20）で慣性座標系の時間になる．エネルギー，運動量および波長は慣性座標系での質点の等速度の速さで記述できること，を４章４節および４章５節で導出する．時間（2.20）の右辺に記述した分母の波の速さは，質点の等速度の速さで――４章４節で導出した．――記述できる．このことでは，時間は‘移動’が生じることで計算が保証される．時間が存在することで，正円の円周上を回転し続ける点を仮定できる．その点は等速の速さで移動する．その点の移動の計算は数学での計算であるので，慣性座標系あるいは加速度座標系の運動状態に影響を受けないで回転し続けることが可能であるものと扱う．このような座標系からの影響は，質点の等速度の速さが変化することで振動数および波長の値の変化に仮定できる．それぞれの振動数および波長が, 質点の等速度運動の状態に応じて算出できる. この正円での計算で使用する正弦波の振動数および波長は，質点の等速度運動で説明できる値である．慣性座標系上の各位置に定義する時計は，その慣性座標系上では同期が取れている．各時計は，時間が等しく進むことで同期を取る．その慣性座標系上で使用する時計の周期はひとつに定める必要はない．回転し続けている円周上の点の周期は変わらず，別の周期で回転し続ける円周上の点を仮定して時計として使用することができる．

$$f(\theta) = \frac{a_0(f)}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} \left(a_m(f) \cdot \sin(m \cdot \theta) + b_m(f) \cdot \cos(m \cdot \theta) \right) \cdots (2.11)$$

$$\mathrm{d}l(t) = v_{\mathrm{wave}}(t) \cdot h_t \cdots (2.6)$$

$$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, \left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right) \cdots \left(2.20\right)$$

2.1 ニュートン力学での絶対空間を否定することを仮定する[6)]

質点の等速度運動で保証される時間（2.20）では，ニュートン力学（Newtonian mechanics）での絶対空間を否定することができる．この絶対空間は，等速度運動をしていないで静止している．等速度運動していないことで，時間（2.20）の右辺の分母に記述した波の速さを計算できない．このことで，時間（2.20）を計算できない．

$$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, \left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right) \cdots \left(2.20\right)$$

絶対空間を仮定すると，絶対空間で静止している質点を仮定することができる．この質点はニュートン力学の理論上は他の慣性座標系からも静止しているものと扱うことになる．この意味は，他の座標系から観測して絶対空間に静止している質点が移動しているように見えても，その質点は静止しているものと解釈することになる．この解釈では，他の座標系が移動しているので絶対空間に静止している質点が移動しているように見えることになる．そのような質点は，速さが零であるので距離が観測できない．時間（2.20）では，分母の波の速さおよび分子の距離を観測して時間を計算する．距離を観測するには，２点間を移動して座標を知る必要がある．

固定している位置を加速度運動している物体が通過する際に，加速度を観測し運動を記述することを考える．加速度を観測する際に，速度を観測することは加速度の定義からは加速度を計算する条件のひとつである．ニュートン力学での運動方程式では，加速度運動する質点の質量および質点に作用する合力で加速度を計算できる．質量は加速度運動する物体の全エネルギーあるいは場から作用する力を観測することで計算できる．力を観測するのに場を生じさせている物理量の情報が必要になる．静止している物体では，そのような情報を観測するための移動をしないことで情報を得ることはできないものと２０１５年現在の著者は考える．絶対空間から観測できる移動している物体は，その運動をしている座標系上に静止しているものと解釈できる．このことでは，移動している物体で観測することは絶対空間での観測とはならない．これは，運動している座標系上での観測として解釈できるので，絶対空間での静止している状態の観測ではない．絶対空間に静止している状態での物体で時間が観測できる可能性を否定できることは，絶対空間を否定できる根拠になるものと２０１５年現在の著者は考える．エネルギーを観測することは場を生じさせる物理量の情報を使用する．この意味では既に考察したことになり，その情報を知ることはできない．この結論では，移動が完全にない状態——生体の活動を含める．原子の内の粒子の運動も含める．——では加速度および速度を観測できない．移動できないことでは，距離，速さおよび時間を定義できない．そのような座標系は理論物理学で使用できる座標系ではない．

ふたつの点の各々の座標が分かれば，２点を結ぶ線分の距離を数学で計算できる．座標を定義する際には，各位置に座標を与えるのに長さ——距離でもできる．——を使用する．このことでは，２点間を移動することで計算に合わせて座標を各位置に与えることになる．時間（2.20）では絶対空間に時間を仮定できない条件を考えることができる．このことでは，絶対空間を否定することを仮定できる．

2.2 ニュートン力学での絶対時間を否定することを仮定する[6)]

ニュートン力学での絶対時間では，すべての座標系のすべての位置で等しい時間を観測できることになる．このことは，絶対時間は外部からの影響を受けない時間であることを説明する．波の速さが異なることで，各正円の点の速さが異なり半径が異なる．このことで，時間（2.20）の右辺の値が保証されていない．時間（2.20）の分母および分子の値は慣性座標系で観測する．

$$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, (v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0) \cdots (2.20)$$

その慣性座標系の速さが分母の波の速さから導出できる質点の等速度の速さであることで，慣性座標系で静止している質点を仮定することになる．静止している質点は他の慣性座標系上で移動している．その質点が静止していない慣性座標系に在ることで，その質点の移動距離を観測できる．その質点の移動距離を観測する慣性座標系上で，その質点の等速度の速さが零では時間（2.20）の分子に記述した正円の円周上を回転し続ける点の距離は観測できないことを２０１５年現在の著者の波の理論では仮定できる．その等速度の速さは，正円の円周を回転する点の速さから計算できても観測ができたものとする．

慣性座標系上で加速度運動する質点の場合では，その等速度運動の観測が問題になる．波の速さは，質点の等速度運動で与えられる．加速度運動の際には，質点が備える振動数も変化して異なる波を生じさせることを仮定できる．

速さが異なることは，その質点が静止する慣性座標系の速さが異なることで証明できる．速さが異なることでは，移動距離も異なることを仮定できる．円周上を移動する点の等速の速さが異なることで，その点の移動する距離が他の円周上の点の移動距離とは異なることを仮定できる．このことで，同じ質点を異なる慣性座標系上で観測して各々の正円の円周上での点の移動距離が異なることを計算――あるいは思考的な観測である．――できる．これで，時間（2.20）を使用して計算する移動時間が異なることを仮定できる．時間（2.20）の分母および分子の値が定まらないことで絶対時間を否定することを仮定できる．

3 慣性座標系での速さ[3), 6), 7)]

本書で使用する正円の時点は，慣性座標系を仮定していることは文献３で説明した．慣性座標系では，ニュートン力学で使用するものおよびアインシュタインの特殊相対性理論で使用するものを一般には知られている．本書の著者が独自に構築している波の理論では，アインシュタインの特殊相対性理論の慣性座標系で使用できる時点であるものと２０１５年現在の著者は考えている．

著者の波の理論で独自に定義した時間は，各座標上の位置で与える距離を使用して波の速さと共に定義できることを主張している．このことでは，質点を直接使用する定義ではない．質点を使用するのは，慣性座標系を定義する際に等速度運動している対象に用いる．その対象は，慣性座標系上に存在してエネルギーを持つものと仮定できる．エネルギーは，物理学理論の時間，距離および速さを使用して与える．

慣性座標系Ｓおよび慣性座標系 S_1 を図 3.1 のように仮定する．慣性座標系Ｓの空間の成分には，(3.1) の記号を使用する．慣性座標系Ｓの時点の成分には，(3.2) の記号を使用する．慣性座標系Ｓでの４次元の時空を仮定して，その座標を (3.3) で記述できる．そして，慣性座標系 S_1 の空間の成分には，(3.4) の記号を使用する．慣性座標系 S_1 の時点の成分には，(3.5) の記号を使用する．慣性座標系 S_1 での４次元の時空を仮定して，その座標を (3.6) で記述できる．

$x, y, z \cdots (3.1)$慣性座標系Ｓの空間の成分

$t \cdots (3.2)$ 慣性座標系 S の時点の成分

$(x, y, z, t) \cdots (3.3)$ 慣性座標系 S での時空の座標の表示

$x_1, y_1, z_1 \cdots (3.4)$ 慣性座標系 S_1 の空間の成分

$t_1 \cdots (3.5)$ 慣性座標系 S_1 の時点の成分

$(x_1, y_1, z_1, t_1) \cdots (3.6)$ 慣性座標系 S_1 での時空の座標の表示

慣性座標系 S_1 上の x_1 成分および t_1 成分で記述した慣性座標系 S の等速度を（3.7）で記述する．（3.7）は x_1 軸の方向の等速度である．また，慣性座標系 S 上の x 成分および t 成分で記述した慣性座標系 S_1 の等速度を（3.8）で記述する．（3.8）は x 軸方向の等速度である．図 3.1 に慣性座標系 S および慣性座標系 S_1 の関係を示している．

$\mathbf{u}_{S\_s1} = -u\mathbf{i}_1, (u = \text{const.}) \cdots (3.7)$ 慣性座標系 S_1 の x_1 成分および t_1 成分で記述した慣性座標系 S の等速度

$\mathbf{u}_{S1\_s} = u\mathbf{i}, (u = \text{const.}) \cdots (3.8)$ 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 S_1 の等速度

慣性座標系 S の x 軸および慣性座標系 S_1 の x_1 軸は同じ直線上にあるものと仮定する．（2.5）および（2.6）の右辺のベクトルはそれぞれ x_1 軸および x 軸の単位ベクトルである．

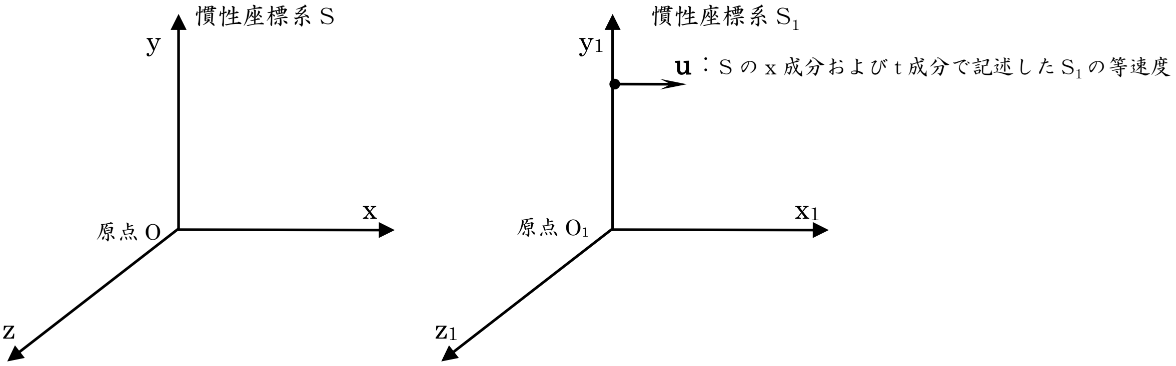

図 3.1　慣性座標系

図 3.1 のような慣性座標系に，アインシュタインの特殊相対性理論ではローレンツ変換（the Lorentz transoformation）（3.9）～（3.12）を導出して使用する．（3.9）および（3.12）の右辺には（3.13）を仮定している．時点の変換（3.12）の右辺には真空中の光の速さ（3.14）を仮定している．真空中の光の速さ（3.14）の右辺に真空中の誘電率（permitivity constant）（3.15）および真空中の透磁率（permeability constant）（3.16）を記述している．特殊相対性理論で使用する慣性座標系は真空中の光の速さでは等速度運動しないことを（3.17）で記述している．慣性座標系の等速度運動は符号で向きを意味して，（3.18）で慣性座標系の定義区間として解釈できる．係数（coefficient）（3.13）は（3.19）の区間に保証される．

$$x_1 = \gamma \cdot (x - u \cdot t) \cdots (3.9)$$

$$y_1 = y \cdots (3.10)$$

$$z_1 = z \cdots (3.11)$$

$$t_1 = \gamma \cdot \left(t - \frac{u \cdot x}{c^2} \right) \cdots (3.12)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} (= \text{const.}) \cdots (3.13)$$

$c=\frac{1}{\sqrt{\mu_0\times\varepsilon_0}},(c\neq 0,c>0)\cdots(3.14)$真空中の光の速さ

$\varepsilon_0\cdots(3.15)$真空中の誘電率

$\mu_0\cdots(3.16)$真空中の透磁率

$u\neq c\cdots(3.17)$

$-c<u<c\cdots(3.18)$

$1\leq\gamma<\infty\cdots(3.19)$

アインシュタインの特殊相対性理論の慣性座標系には，真空中の光の速さに達しないことを定義する．このような速さに対する条件は，質点に有るものと２０１５年現在の著者は考える．波の伝搬する速さには，真空中の光の速さを超えることを記述可能であることは，ローレンツ変換（3.9）～（3.12）および相対論的質量（relativistic mass）（3.20）で考えることができる．

$m(v)=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},(0\leq v<c)\cdots(3.20)$相対論的質量

質点としての性質はエネルギーおよび運動量で考えることができる．これらの物理量では，一般には質量および速度を使用する．一方，波としての性質は，振動数および波長で考えることができる．波の速さおよび正弦波の振動数は，著者が独自に構築している波の理論で定義した．

ニュートンの古典理論では，光は波であることを説明している．マクスウェルの方程式系で予言された電磁波で光の波を説明できる．アインシュタインの光量子仮説（light quantum hypothesis）を使用して光が粒子であることを説明できる．この光の粒子を光子と呼ぶ．これらの理論では，光は波および粒子の性質を示す．粒子は質点で記述できる．光の粒子を質点として説明することで，質点が備える振動数および波長を扱うことができる．真空中での光子の速さは真空中の光の速さである．真空中での電磁波としての速さは真空中の光の速さである．真空中の光は，質点および波の場合に真空中の光の速さでエネルギーおよび運動量を記述できる．

４章では，著者が独自に構築している波の理論での考察から質点が備える振動数および波長を導出することを試みる．この４章での考察は，著者の理論の特徴的な箇所である．このような波および粒子の２重性の導出を使用することで，著者の構築している理論の対象となる世界の質点および波の性質がひとつの対象に仮定できるようになる．著者の時間の定義を使用して我々の心が無始無終で存在することを文献３で仮定した．その仮定で，心に時間を定義できないことを２０１２年現在の著者は主張した．振動数および波長を計算するには正円を使用した．その正円で使用する時間は心には定義できないことになる．このような時間の定義は，波の速さで与えている．質点が波の影響を受けて等速度運動を変えることが有ると，我々の体に影響を及ぼし我々の心に作用する力を仮定できる．波および粒子の２重性では，正円で定義する波に慣性座標系の粒子のエネルギーとの関係を導出できるので時間，波および粒子との関係を説明できる．アインシュタインの特殊相対性理論での時計では真空中の光の速さを使用している．著者が独自に構築している波の理論では，真空中の光の速さを超える波の速さを使用して時間を観測することを可能にする．このような箇所ではアインシュタインの特殊相対性理論の慣性座標系を使用することなく正円を用いた時計を仮定できる．このことでは，慣性座標系を仮定してニュートン力学での絶対空間を否定する計算を主張できる．２０１５年現在では，日本の工学教育の課程での科目で使用するアインシュタインの特殊相対性理論の慣性座標系を使用して位置，時間，速度，エネルギー，質量および運動量の変換を可能とする．

著者の大学生時代の前期量子論では，ドブロイ波と呼ばれるものを学んだ記憶が有る．ドブロイ波で波および粒子の２

重性を仮定していた．このドブロイ波は，不確定性原理（uncertainty principle）から仮定できるものと文献７で説明が有る．不確定性原理を使用する方法は，著者の独自の理論から導出する方法とは異なることは明らかである．著者は，アインシュタインの特殊相対性理論の質点の全エネルギー，光量子仮説の振動数で記述する光子のエネルギーおよび正円の円周上に仮定できる慣性座標系を使用して導出した．

4　質点の振動数および波長[8),9),10)]

文献８で著者が独自に定義した静止質量（4.1）を使用することで，著者が独自に構築している波の理論から質点の備える振動数および波長を導出できる考え方が有る．このことでは，ひとつの対象に質点および波の２つの性質を仮定する．文献８での著者はアインシュタインの特殊相対性理論では，静止質量（4.1）を定義できることを説明した．この静止質量はアインシュタインの特殊相対性理論から導出可能であることを示した．その導出では，ニュートン力学では定数としていた質量を変数であるものと仮定した．この変数となる慣性質量（inertial mass）（4.2）は速さを独立変数とする関数であるものと仮定した．

$$m_0 \equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0 \le v \le c)\cdots(4.1)$$

$$m(v),(0 \le v \le c)\cdots(4.2)$$

電磁気学では，電磁波の運動量を考察できる．電磁波のエネルギーを計算でき，電磁波のエネルギーが増減することを説明できる．真空中の電磁波は真空中の光の速さで伝搬することを説明できる．電磁波の伝搬方向は，その電磁波のエネルギーの反射，吸収および透過で変化することは考えられる．電磁波の吸収では，電子が吸収した入射波となる電磁波のエネルギーを仮定して電磁波の運動量を考察できる．古典物理学では運動量およびエネルギーの関係は（4.3）を記述でき（4.4）に書き直すことができる．電子の質量は定数であることを仮定すると，入射波のエネルギーを吸収した電子の運動量の変化は速度に有るものと仮定できる．しかし，この電磁波の運動量の考察では，電子の質量を記述することなく入射波が電子に渡した運動量を仮定できている．この仮定の運動量では，（4.4）での電子の運動量の増加は速度であるものとは断定できない．電子の速さが変化することも仮定できるが，質量がエネルギーの増加で変化することを否定できるものではない．電磁波の速さが真空中の光の速さでの計算で，電磁波から電子に運動量を渡したことを仮定している．この仮定では，電磁波では質量に相当するものが仮定でき，エネルギーの変化は質量の変化を示すものものと仮定できる．ニュートン力学では定数である質量を電磁気学理論では変数であるものと仮定できる余地が有ることを著者は考える．このことで，アインシュタインの特殊相対性理論の静止質量（4.1）を導出する際に，質点の慣性質量を変数である（4.2）で仮定できるものとした．

$$\frac{\mathrm{d}E(t)}{\mathrm{d}t} = \mathbf{F}\cdot\mathbf{v}\cdots(4.3)$$

$$\frac{\mathrm{d}E(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{p}(t)}{\mathrm{d}t}\cdot\mathbf{v}\cdots(4.4)$$

文献８では，慣性質量（4.2）はアインシュタインの特殊相対性理論で導出できないことを著者の意見とした．このことでは，著者は静止質量をアインシュタインの特殊相対性理論で定義すべきものと考えた．静止質量を（4.1）のように定義すると，真空中の光の速さで移動する質点の静止質量を０にできることを理由のひとつにする．相対論的質量（4.5）と呼ばれる一般の専門書で呼ばれる慣性質量では，独立変数である速さ（4.6）は実数である．相対論的質量（4.5）の定義区間は，（4.7）であり真空中の光の速さcは定義区間（4.7）に含まない．文献８で著者が独自に仮定した慣性質量（4.2）は相対論的質量（4.5）とは異なるものである．慣性質量（4.2）には真空中の光の速さcを直接代入できる．相

対論的質量（4.5）では，真空中の光の速さを直接代入すると分母が０になってしまう．このことでは，粒子が実際に真空中の光の速さで運動しているのに真空中の光の速さを代入できないことを著者は問題として扱った．さらに，静止質量の定義（4.1）をすることでは，エネルギーの変換および質量の変換を電磁波および真空中の光の速さで移動しない質点で２つに分けて導出していたものをひとつの導出で示すことができる．

$$m(v)=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\cdots(4.5)$$

$$v=|\mathbf{v}|\in\mathbf{R},(v\geq 0)\cdots(4.6)$$

$$0\leq v<c\cdots(4.7)$$

4.1　質点の振動数，波長および波を描く正円の半径[1), 2), 3), 5), 8), 10)]

ニュートン力学では，物質が運動することを観測する場合で質点を仮定している．現象としては，光の波あるいは水面の波などを扱い波の運動について説明できる．質点として扱われる物質は，計算の便宜上質点として扱いひとつの質点として力学の方程式を記述する．２つ以上の質点で構成している物質であるものと仮定すると，質点系で計算できる．電磁気学では，マクスウェルの方程式系を使用して電磁波を記述できる．この電磁波の説明では，電磁場（electric and magnetic fields）を使用する．マクスウェルの方程式系での電磁波が伝搬するのに媒質（medium）となる物質を仮定することが，ニュートン力学の波の理論では必要であると考えられた．そのような媒質をエーテル（ether）と呼んでいた．エーテルを仮定しなくても電磁波が伝搬することを，アインシュタインの特殊相対性理論で解明された．電磁波は真空中で伝搬する波であり，光が真空中を電磁波として伝搬しているものと説明できた．このことで，波の伝搬に仮定されていた媒質となる物質を認めなくても電磁波の伝搬を計算できることになった．

著者が独自に構築している波の理論では，正円を使用して正弦波を定義した．その正弦波は，媒質を使用しないで正弦関数を応用して定義した．波が等速で直線的に伝搬することを仮定して，正弦波を定義した正円の円周に慣性座標系の位置を仮定した．このことでは，著者が独自に定義した波の速さおよび正円で著者が独自に定義した時間を使用して円周の各位置に時空の４次元の座標を仮定できる．慣性座標系上の各位置に定義した時計の時点を使用することで，正弦波を記述する時点であることを説明できる．波を記述するのに正弦波を使用して真空中の慣性座標系上を伝搬できることを仮定でき，媒質となる物質を必要としていない．このように波を考えることでは，ニュートン力学の波の観察とは異なる．波が伝搬して物質が振動することでは，物質の質点の運動を記述できる．媒質として扱われる物質の全体の振動現象が波を描く場合で波を観測できる．この説明では，ニュートン力学で波として説明する現象の媒質となる物質には直接に波を描く振動現象が生じる．質点系である物質を記述するよりも物質の振動現象を記録して解析する方が，物質が描いた波を解析するのに簡単であることが経験的に言えるだろう．その振動現象では，物質が波としての性質である振動数および波長を備えることは説明していない．著者が独自に構築している波の理論では，波は次のように２０１５年現在の著者は考える．波は，物質の振動で説明するものではなく時間を与える周期を記述する振動数で説明できる性質である．その振動数は物質の振動現象でニュートン力学のように計算できることもあるが，質点が備えている振動数も導出できる．質点が備える振動数が存在することでは，質点および波の２重性を物質に仮定できる．

４章１節では，著者が独自に構築している波の理論で質点が備えている振動数を導出する方法を説明する．その振動数を導出できることで，その振動数で考える図 2.1 のような正円を描くことができる．その正円で使用できる波長および正円の半径を導出する方法を説明する．質点が備える振動数を導出する際には，アインシュタインの特殊相対性理論

を使用する．さらに，アインシュタインの光量子仮説を使用する．このとでは，光に電磁波および光子で質点および波の２重性を説明できる．この２重性の物理学の発見を基礎にする．

――質点の振動数――

慣性座標系 S 上で等速度運動する質点を仮定し，その慣性質量は（4.2）を使用して慣性質量（4.1.1）で記述する．その質点の持つ全エネルギーは（4.1.2）で記述できる．

$m(v), (0 \le v \le c) \cdots (4.2)$

$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdots (4.1.1)$ 質点の慣性質量

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2 \cdots (4.1.2)$ 質点の持つ全エネルギー

光子は真空中の光の速さで等速直線運動をするものと仮定する．その光子の持つ全エネルギーは（4.1.3）で記述できる．その光子には（4.1.3）の右辺では慣性質量を仮定している．

$E_S(c) = m_S(c) \cdot c^2 \cdots (4.1.3)$ 光子の持つ全エネルギー

その慣性質量を決定する方法は仮定（4.1.4）を使用する．（4.1.4）では，その光子の持つ全エネルギー（4.1.3）は質点の持つ全エネルギー（4.1.2）に等しいものと仮定する．（4.1.4）の左辺に（4.1.2）を代入し，右辺には（4.1.3）を代入することで（4.1.5）を記述できる．（4.1.5）から（4.1.6）を導出できる．（4.1.6）では，その光子の持つ慣性質量――（4.1.6）の右辺のこと．――は質点の持つ慣性質量――（4.1.6）の左辺のこと．――に等しいものと仮定する．

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = E_S(c) \cdots (4.1.4)$ （4.1.3）の光子の慣性質量を決定する仮定

$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2 = m_S(c) \cdot c^2 \cdots (4.1.5)$ 仮定

$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = m_S(c) \cdots (4.1.6)$

（4.1.6）の慣性質量をもつ光子を仮定することで，その光子の振動数は光子の持つエネルギー（2.16）を使用して決定する．（2.16）の右辺にはプランク定数（2.17）を記述している．光子の持つエネルギーは振動数のみで決定することを（2.16）では説明している．仮定（4.1.5）の右辺は光子の持つ全エネルギーであるので，光子の持つエネルギー（2.16）を使用すると仮定（4.1.7）を記述できる．仮定（4.1.7）を満足する光子を選択して，慣性質量（4.1.8）を導出できる．（4.1.8）では左辺は質点の慣性質量であり，右辺は光子の振動数，真空中の光の速さおよびプランク定数で記述した慣性質量である．（4.1.6）では，（4.1.8）の慣性質量は光子の慣性質量でもある．

$E(c) = h \cdot \nu \cdots (2.16)$ 光子の持つエネルギー

$h = 6.62606896 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s} \cdots (2.17)$ プランク定数

$E_S(c) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2 = h \cdot \nu_{S\_c} \cdots (4.1.7)$ 仮定

$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = \dfrac{h \cdot \nu_{S\_c}}{c^2} \cdots (4.1.8)$ 光子の慣性質量

仮定（4.1.7）で選択した光子の慣性質量（4.1.8）を書き直すと，光子の振動数（4.1.9）を記述できる．仮定（4.1.4）では，質点の持つ全エネルギーは光子の持つ全エネルギーに等しいものと扱っている．このことから，以下に挙げる①～⑤の仮定を与えて，質点の持つ全エネルギーは光子の持つエネルギー（4.1.7）に等しいので質点の全エネルギーを（2.16）のように振動数で記述することを仮定する．

$$\nu_{S\_c} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h} \cdots (4.1.9)$$光子の振動数の決定

① 慣性質量（4.1.8）の左辺の独立変数である質点の等速度の速さは，図 2.1 のような正円の円周上を等速で回転している点の速さではないものとして仮定する．著者の構築している波の理論での図 2.1 の円周上を回転する点の速さは，波の速さとして説明する．

② 距離（2.6）では，図 2.1 のような正円で距離，時間および波の速さを時点（2.3）で共に存在することを説明している．（4.1.8）の右辺では，質点の慣性質量を光子の振動数で記述している．この記述は，光子の振動数に等しい振動数で，質点の慣性質量を説明している．質点の慣性質量を，そのような等しい振動数で説明できることで質点が振動数を備える――あるいは持つ――ものと仮定できる．

$$\mathrm{d}l(t) = v_{\mathrm{wave}}(t)\cdot h_t \cdots (2.6)$$

$$t \cdots (2.3)$$

③ 振動数は，点の振動現象を説明できる．図 2.1 のような円周上で，（4.1.8）の左辺に記述した独立変数の速さで移動する質点の備える振動数の波の速さで移動する点の x 軸および y 軸の座標では（4.1.8）の右辺に記述した振動数の振動を記述できる．その点の振動を示す座標の値の変動では波を描くことができる．

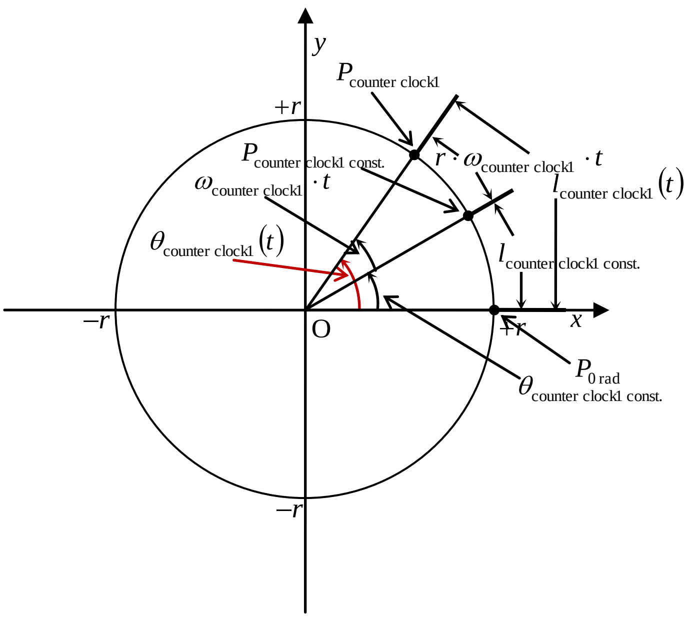

図 2.1　加算での逆時計回りの弧度

$$\theta_{\mathrm{counter\ clockl}}(t) = \omega_{\mathrm{counter\ clockl}}\cdot t + 2\cdot\pi\cdot\frac{l_{\mathrm{counter\ clockl\ const.}}}{\lambda_r}$$

④ （4.1.8）の左辺の慣性質量は，図 2.1 のような円周上を回転し続ける点の振動数で説明することを仮定できる．このことでは，円周上の各位置に慣性座標系上の位置を仮定できることで質量が存在する時空を考えることができる．

⑤ 図 2.1 のような円周上を回転し続ける点が，慣性座標系上の質点と関係を与えられる条件は何か．慣性座標系に質点として扱う物質が生じている．このことから時間，距離および波の速さの関係を示す微分（2.6）が，正円および時空との関係を説明する式であるものと２０１５年現在の著者は考える．質点は，実際に慣性座標系に存在する物質に当てる．物質を構成している粒子は，他の粒子で構成されていることを理論物理学で説明する．粒子を構成している粒子は，構成されている粒子内で運動していることを仮定できる．そのような運動では，微分（2.6）を満足する慣性座標系を仮定する．加速度運動する座標系では，各位置で慣性座標系をそれぞれ仮定することで説明を考える．他の粒子で構成されていない粒子は微分（2.6）を満足する運動をしているものと仮定する．

このような著者の意見では，選択した光子の振動数は（4.1.9）で記述するので（4.1.10）を仮定できる．仮定（4.1.10）では，質点が振動数を備える――あるいは持つ――ことを仮定している．その振動数は，（4.1.9）および（4.1.10）から質点の備える振動数（4.1.11）を導出できる．質点が（4.1.11）の振動数を備えることでは，一般に質点が波としての性質を持つことを解釈できる．質点の備える振動数は，（4.1.11）の右辺に記述している真空中の光の速さ，プランク定数および質点の慣性質量で説明できることになる．

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \nu_{S\_c} \cdots (4.1.10)$ 質点の振動数を仮定

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

――波を示す質点の全エネルギー――

（4.1.10）を使用すると，光子のエネルギー（2.16）で光子の持つエネルギー（4.1.12）を記述できる．（4.1.3）の光子の慣性質量を決定する仮定（4.1.4）を使用すると，波を示す質点の持つ全エネルギーは（4.1.13）で記述できる．

$E(c) = h\cdot\nu \cdots (2.16)$ 光子の持つエネルギー

$E_S(c) = h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.12)$

$E_S(c) = m_S(c)\cdot c^2 \cdots (4.1.3)$ 光子の持つ全エネルギー

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = E_S(c) \cdots (4.1.4)$ （4.1.3）の光子の慣性質量を決定する仮定

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

――質点で説明する波の波長――

上述までの著者の意見では，図 2.1 の円周上を回転する点に対応する慣性座標系上を等速度運動する質点に振動数を仮定して波を描くことを考えた．波を仮定することでは，その波の波長を導出できるものと著者は考える．正弦波の振動数を文献１で（2.14）で定義した．その振動数の定義を使用すると，（4.1.14）を仮定できる．（4.1.14）の右辺の分母に正弦波の波長を仮定した．振動数（4.1.14）を書き直すと波長（4.1.15）を記述できる．

$\nu \equiv \dfrac{v_{\omega_r}}{\lambda}\,\mathrm{Hz}, (\lambda \neq 0) \cdots (2.14)$ 正弦波の振動数の定義

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\lambda_{S\_v\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.14)$ 質点で説明する波の振動数の定義

$\lambda_{S\_v\mathrm{wave}} = \dfrac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.1.15)$ 質点で説明する波の波長の決定

――正円の半径の決定――

質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長を（4.1.15）で記述できた．著者が独自に構築している理論で使用する図 2.1 のような正円の半径を正弦波の波長の定義（2.10）を使用して計算できる．正円の半径は，正弦波の波長の定義（2.10）を正円の半径（4.1.16）に書き直すことで記述できる．波長（4.1.15）を正円の半径（4.1.16）の分子に代入することで正円の半径（4.1.17）を記述できる．正弦波の波長は正円の半径（4.1.17）を使用しても記述できる．正円の半径（4.1.17）を正弦波の波長の定義（2.10）に記述することで，質点で説明する波の波長の定義（4.1.18）を記述できる．

$\lambda \equiv 2\cdot\pi\cdot r, (0 < \lambda < \infty) \cdots (2.10)$ 正弦波の波長の定義

$r = \dfrac{\lambda}{2\cdot\pi}, (0 < \lambda < \infty) \cdots (4.1.16)$ 正円の半径

$r = \dfrac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{2\cdot\pi}, (0 < \lambda < \infty) \cdots (4.1.17)$ 正円の半径の決定

$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = 2\cdot\pi\cdot r \cdots (4.1.18)$ 質点で説明する波の波長の定義

4.2　質点で説明する波の周期およびエネルギーの関係[1),8),10),11)]

——質点で説明する波の周期——

正弦波の周期は（2.18）で定義した．質点が振動数を備えることで，波長（4.1.15）を計算できた．波の性質として振動数および波長を導出できたことで，波の周期を計算できることは（2.18）で明らかである．波の伝搬した距離は，距離の微分（2.6）で計算できる．波の周期に波が伝搬する距離を波長であるものと考えるので，波長を（4.2.1）で記述する．

$T \equiv \dfrac{\lambda}{\nu_{\omega_T}}\mathrm{s},\left(\nu_{\omega_T} \neq 0\right)\cdots(2.18)$ 正弦波の周期の定義

$\lambda_{S\_v\mathrm{wave}} = \dfrac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.1.15)$ 質点で説明する波の波長の決定

$\mathrm{d}l(t) = v_{\mathrm{wave}}(t)\cdot h_t\cdots(2.6)$

$\mathrm{d}l_{\lambda}(t) = \lambda_{S\_\mathrm{wave}}\cdots(4.2.1)$

距離の微分（2.6）を時間（2.20）に書き直した．時間（2.20）で周期（2.18）を計算する．時間（2.20）の分子に波長（4.2.1）を代入して，その分母に波の速さを代入することで周期（4.2.2）を記述できる．

$h_t = \dfrac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)},\left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right)\cdots(2.20)$

$T_{S\_\mathrm{wave}} = \dfrac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)},\left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right)\cdots(4.2.2)$

真空中の光の速さは，光の波の性質で記述すると（2.15）になる．図 2.1 での考察で使用している質点が備えている振動数（4.1.11）を説明する真空中の光の振動数および波長を使用すると（4.2.3）を記述できる．

$c = \nu\cdot\lambda\cdots(2.15)$ 真空中の光の速さ

$c = \nu_{S\_c}\cdot\lambda_{S\_c}\cdots(4.2.3)$

仮定（4.1.10）を使用すると真空中の光の速さ（4.2.4）を記述できる．時間（2.20）を使用して，真空中の光の周期を（4.2.5）で記述できる．

$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} = \nu_{S\_c}\cdots(4.1.10)$ 質点の振動数を仮定

$c = \nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\cdot\lambda_{S\_c}\cdots(4.2.4)$

$T_{S\_c} = \dfrac{\lambda_{S\_c}}{c}\cdots\cdot(4.2.5)$

真空中の光の速さ（4.2.4）を周期（4.2.5）の分母に代入すると真空中の光の周期（4.2.6）を記述できる．真空中の光の周期（4.2.6）の右辺を整理すると（4.2.7）になる．真空中の光の周期（4.2.7）の右辺に記述した振動数は，質点が備える振動数（4.1.11）である．

$T_{S\_c} = \dfrac{\lambda_{S\_c}}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\cdot\lambda_{S\_c}}\cdots(4.2.6)$

$T_{S\_c} = \dfrac{1}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}},\left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} \neq 0\right)\cdots(4.2.7)$

$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

周期が振動数の逆数で記述できることでは，質点の備える振動数（4.1.11）の波の周期は（4.2.8）で記述できる．真空中の光の周期（4.2.7）および質点の備える振動数の波の周期（4.2.8）は右辺を比較すると（4.2.9）を記述できる．

$T_{S\_\mathrm{wave}} = \dfrac{1}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}, \left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} \neq 0\right) \cdots (4.2.8)$ 質点で説明する波の周期の決定

$T_{S\_\mathrm{wave}} = T_{S\_c} \cdots (4.2.9)$

――慣性座標系での時間および質点の全エネルギーとの関係――

質点の備える振動数の波の周期は（4.2.8）で記述できた．振動数（4.1.11）では質点の全エネルギー（4.1.13）を記述できる．周期は時間（2.20）である．時間が存在することに，（4.1.13）で質点の運動を説明できるエネルギーを計算できる．

$E_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = h \cdot \nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

質点の全エネルギー（4.1.13）では，波の性質を振動数で記述している．その波は等速直線運動であるものと図 2.1 のような正円では説明できる．等速度運動する質点の性質から等速で伝搬する波を記述する．この関係は，波の性質である振動数で時間である周期を説明して，慣性座標系上の質点の運動に関係を与えている．周期である時間は，慣性座標系上で運動する質点の全エネルギーで変化する．周期である時間が慣性座標系上での質点の運動で影響を及ぼされる．運動することで質点の全エネルギーが変化することでは，質点が備える振動数が変化する．このことでは，その波の周期が変化する．

波は等速で伝搬していき，質点は備えている振動数の波を生じさせるものと２０１５年現在の著者は解釈する．この波の伝搬では，質点の運動状態が変化することで生じる波が変化する．この変化する波は，質点の運動状態を示す情報を含むものと仮定できる．質点の運動状態には，世界を保っているエネルギーが各質点に配分されていくことを質点系のエネルギーの保存則からも仮定できる．このことは，熱力学系のエネルギー保存則でも仮定できる．

エネルギーの保存則で，波の振動数が変化することは時間に対する影響を指摘できる．図 2.1 のような正円で時間を考えると，周期の時間が変化することで波の伝搬する速さが変化することを仮定できる．波の周期の変化は，波の振動数の変化である．振動数の変化では，（4.1.11）の右辺の慣性質量が変化する．その慣性質量は，質点の等速度の速さを独立変数とする関数である．このことでは，その波を生じさせる質点が静止している慣性座標系の速さは異なるものになる．質点が静止している慣性座標系が変わることで，その質点の運動が他の慣性座標系上でも変化する．その運動は各慣性座標系上で異なる等速度運動で記述できる．この速さが異なる記述では，各慣性座標系上での質点の備える振動数（4.1.11）が異なる．

$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

各慣性座標系上での質点が備える振動数（4.1.11）の波の周期（4.2.8）が異なる．この計算結果は，各慣性座標系上での時間が異なることを指摘できる．この時間は質点の性質での説明ではない．質点が備える波の性質での周期である時間の説明である．波はアインシュタインの特殊相対性理論でも真空中の光の速さを超えて伝搬できるものと２０１５年現在の著者は考えている．このことでは，そのような速さの波が伝搬することは，真空中の光の速さを超える速さでエネルギーの再配分を決定することを仮定できる．エネルギーの再配分が生じることで，質点が静止する慣性座標系が変わることが仮定できる．慣性座標系が変わることでは，質点を観測する際に時計で計る時間が変化するものと仮定できる．この変化は，絶対時間を否定する．質点が生じさせる波の周期で座標系の時間を与える．時間を定義する周期に，慣性座標系で使用する時間を一意に定義できることを求める．慣性座標系の質点の持つ全エネルギーで振動数（4.1.11）

が各慣性座標系に一意に定まることで，慣性座標系での時間を定義できる．振動数（4.1.11）の右辺の変数は，質点の慣性座標系上での等速度の速さのみである．振動数（4.1.11）の左辺の変数は，質点が備える振動数のみである．振動数（4.1.11）の両辺にひとつずつ変数が記述されている．質点が静止する慣性座標系の等速度運動の速さに対してひとつの振動数を対応させることが可能である．質点が静止する慣性座標系上の振動数を極限値で計算することも可能である――この計算は４章６節および７節に記述した．――．その振動数で質点が生じさせる波の周期（4.2.8）を計算できる．そのように質点が生じさせる波の周期（4.2.8）を使用して慣性座標系の各位置に定義する時計を仮定できる．その時計は，図 2.1 のような正円を使用して時間（2.20）を観測できる．

$T_{S\_\mathrm{wave}} = \dfrac{1}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}, \left(\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \neq 0\right) \cdots (4.2.8)$ 質点で説明する波の周期の決定

$h_t = \dfrac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, \left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right) \cdots (2.20)$

慣性座標系の空間の座標の成分は３章で（3.1）および（3.4）で記述した．慣性座標系の時点の成分は（3.2）および（3.5）で記述した．

$x, y, z \cdots (3.1)$ 慣性座標系 S の空間の成分

$x_1, y_1, z_1 \cdots (3.4)$ 慣性座標系 S_1 の空間の成分

$t \cdots (3.2)$ 慣性座標系 S の時点の成分

$t_1 \cdots (3.5)$ 慣性座標系 S_1 の時点の成分

慣性座標系の各位置に時計を定義するので，空間の位置を示す座標成分および時点を示す軸の値を記述できる（3.3）および（3.6）を考える．２０１５年現在の理論物理学では座標（3.3）および座標（3.6）で時空を仮定する．

$(x, y, z, t) \cdots (3.3)$ 慣性座標系 S での時空の座標の表示

$(x_1, y_1, z_1, t_1) \cdots (3.6)$ 慣性座標系 S_1 での時空の座標の表示

真空中の光の速さはローレンツ変換（3.9）～（3.12）の定義区間（3.18）に含まない．定義区間（3.18）で定義したように，慣性座標系の速さ u には真空中の光の速さは（3.17）で説明するように使用できない．慣性座標系の速度を質点が静止する速度であるものと仮定すると，一般の質点が備える振動数の波の速さは（4.2.10）を記述できる．このことは，４章４節で導出する．一般の質点が真空中の光の速さよりも遅いものと仮定できる．慣性座標系上で静止する質点が仮定でき，その慣性座標上を真空中の光の速さで光が等速直線運動することを説明できる．

$-c < u < c \cdots (3.18)$

$u \neq c \cdots (3.17)$

$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \neq c \cdots (4.2.10)$

ひとつの慣性座標系上での質点および光子の波の周期が（4.2.9）のように一致する．周期は時間である．この時間は，同じ慣性座標系上の各位置で同期されており一致する．各慣性座標系上での速度の異なることから時計が示す時間が異なることはすでに説明した．光の波の周期に一致するように，質点が備える振動数（4.1.11）の波の周期（4.2.８）を計算できる．このことでは，質点が備える振動数（4.1.11）を計算する際に使用する慣性座標系上で選択した光子の波が存在することを保証する．その光子は，振動数（4.1.11）の導出の理論からも慣性座標系上を真空中の光の速さで等速度運動しているものと仮定できる．その光子の等速度運動の方向については，４章７節で説明している．このことは，アインシュタインの特殊相対性理論の公理になる光速の不変の原理を意味するものと２０１５年現在の著者は考える．すべての慣性座標系で物理法則は同じであることを仮定する．振動数（4.1.11）を導出する理論は，他の慣性座標系で

成立するものと仮定する．その導出では，アインシュタインの特殊相対性理論で導出する質点の全エネルギーを使用している．

$T_{S\_\mathrm{wave}} = T_{S\_c} \cdots (4.2.9)$

$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

$T_{S\_\mathrm{wave}} = \dfrac{1}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}, \left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} \neq 0\right) \cdots (4.2.8)$ 質点で説明する波の周期の決定

光速の不変の原理：すべての慣性座標系で真空中の光の速さはその光源の運動の状態で決定しないで定数であり，真空中の光の速度は等速度である．

光速の不変の原理では，すべての慣性座標系で，真空中の光の速度は等速度である．光源の運動状態が慣性座標系内で光源から放射される真空中の光の速度の向きを決定する可能性は考えられる．

　質点が備える振動数の波の波長を（4.2.11）で記述できる．振動数（4.1.11）を導出する際に選択した光子の備える振動数の波の波長を（4.2.12）で記述できる．

$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = v_{S\_\mathrm{wave}}(t)\cdot T_{S\_\mathrm{wave}} \cdots (4.2.11)$

$\lambda_{S\_c} = c\cdot T_{S\_\mathrm{wave}} \cdots (4.2.12)$

慣性座標系上で（4.2.10）および周期（4.2.9）が成立する場合で，波長の関係式（4.2.13）が成立する．（4.2.13）では，質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長（4.2.11）は選択した光子の備える振動数（4.1.11）の波の波長（4.2.12）とは等しくない．

$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \neq c \cdots (4.2.10)$

$T_{S\_\mathrm{wave}} = T_{S\_c} \cdots (4.2.9)$

$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} \neq \lambda_{S\_c} \cdots (4.2.13)$

一般には，光の波長は（4.2.14）で記述できる．質点の振動数（4.1.11）の仮定（4.1.10）を使用すると，（4.2.15）を記述できる．

$\lambda_{S\_c} = \dfrac{c}{\nu_{S\_c}} \cdots (4.2.14)$

$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} = \nu_{S\_c} \cdots (4.1.10)$ 質点の振動数を仮定

$\lambda_{S\_c} = \dfrac{c}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.2.15)$

質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長は（4.1.15）で記述した．選択した光子の備える振動数の波の波長（4.2.15）および質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長（4.1.15）の分母には同じ振動数（4.1.11）を記述している．このことから，（4.2.16）を導出できる．（4.2.16）を書き直して（4.2.17）を記述できる．（4.2.17）の左辺に記述した波長の比は，（4.2.17）の右辺に記述した波の速さの比に等しいことを示す．

$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \dfrac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.1.15)$ 質点で説明する波の波長の決定

$\dfrac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)} = \dfrac{\lambda_{S\_c}}{c} \cdots (4.2.16)$

$\dfrac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{\lambda_{S\_c}} = \dfrac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c} \cdots (4.2.17)$

２０１５年現在の著者の考察では，次のようになる．電子が振動することで電磁波が放射（radiation）される．電磁波は電磁場で記述でき，電磁場はエネルギーを持つ．この電磁場は実在するものとして扱われる．電磁波で光の波を説明できる．光は光子の集団であるものと説明する．光子が等速度運動することで光の波が生じる．電磁波が伝搬することは，エーテルのような媒質での説明をしない．光が伝搬する慣性座標系に真空中である場合とそうでない場合を仮定できる．等速度運動する質点が備える振動数の波が，その質点の等速度運動で生じる．その波の伝播は，質点の等速度運動とは異なる現象（phenomenon）である．その波が真空中の光の速さ以上で伝搬することを記述した関係式（4.2.18）は４章４節で導出する．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\neq 0\right)\cdots(4.2.18)$$

波の伝搬で媒質を仮定しないで，慣性座標系内が真空中である場合とそうでない場合で説明できる．水面での波のように質点の運動の軌跡で説明する波は，著者が独自に構築する波の理論での図 2.1 の正円で説明する質点が備える振動数（4.1.11）の波とは異なる．著者の波の理論では，そのように波の区別を与えて光子および光の波を考察する．物体の運動で放出される波を仮定することでは，その波を生じさせる質点の等速度運動を仮定することになる．その質点に全エネルギー（4.1.13）を仮定する．その質点の等速度の速さは一般に振動数（4.1.11）の波の速さとは異なる．波の速さが質点の速さよりも速いことでは，質点の全エネルギーが伝搬するよりも先に波が伝搬することを仮定できる．振動数（4.1.11）の右辺には質点の全エネルギーの情報が有る．波が先に伝搬することで，その質点の全エネルギーの情報が真空中の光の速さ以上の波の速さで送られることを仮定できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

慣性座標系で，質点が静止しているか運動しているかの区別は他の質点との相対性で説明できる．このことは，２章１節での絶対空間および２章２節での絶対時間を否定する仮定からも説明できる．慣性座標系で静止している観測者は，他の慣性座標系が等速度運動していることを相対性で説明できる．運動状態で質点の全エネルギーが変化することは，（4.1.2）の右辺の慣性質量（4.1.1）のみが変数であることから明らかに仮定できる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdots(4.1.1)$$ 質点の慣性質量

質点系でも各質点の慣性質量が変化することで，質点系の全エネルギーが変化することを仮定できる．静止質量を定数とすることは，アインシュタインの特殊相対性理論で説明する．著者が文献８で独自に定義した静止質量（4.1）は定数である．この場合は，質点の静止質量が変化しないことで質点を構成している質点内部のエネルギーが質点の外に放出されないことを仮定する．質点が慣性座標系上に静止していても，質点内部から質点を構成しているエネルギーが放出して質点の全エネルギーが減少している場合では静止質量が変化することを仮定する．

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},\left(0\le v\le c\right)\cdots(4.1)$$

質点から放出したエネルギーは他の座標系上で保存されていることを仮定する．このことは，質点系のエネルギーの保存則で説明できる．質点系のネルギーの保存則は，経験則であるものと基礎物理学で説明される．２０１５年現在までの物理学のすべての観測で質点系のエネルギーの保存則が成立していたものと仮定する．質点系のエネルギーの保存則

では，質点系をどのように仮定するかは問題である．エネルギーの記述は質点で説明する．このことでは，質点の運動が変化するためには他の質点との時系列での運動の相対性に起因することを仮定できる．この時系列については，質点の速さが真空中の光の速さ以下の速さで運動することを他の質点との相対性に仮定する．このことは，アインシュタインの特殊相対性理論で説明する．等速度運動する質点が備える振動数（4.1.11）の波が伝搬することを仮定する．この仮定では，その波が真空中の光の速さ以上で伝搬することは（4.2.18）で説明する．その波が，その波を生じさせている質点よりも速く他の質点の等速度の速さを変化させることを仮定する．この仮定では，質点が備える振動数の変化を他の質点が備える振動数の波が与えることを仮定する．このことでは，振動数を変化させられた質点は速さを変化させることを質点が備える振動数（4.1.11）で説明できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$質点で説明する波の振動数の決定

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\neq 0\right)\cdots(4.2.18)$$

振動数の変化で質点の等速度の速さが変化することは，群速度（group velocity）でも説明できる．群速度および質点等速度の速さとの関係は４章７節で導出する．波にはフーリエ級数（2.11）のような重ね合わせの加算が一般に成立する．このことは，基礎物理学で重ね合わせの原理（the principle of superposition）と呼ばれている．質点が備える振動数（4.1.11）の波が伝搬して重ね合わせの原理に従って各点の振幅が記述できることは基礎物理学で仮定できる．この仮定は，基礎物理学の波でも必ず成立することは否定されている．このことでは，質点が備える振動数（4.1.11）の波でも仮定できることは基礎物理学から考えられる．重ね合わせの原理では，波と波との重ね合わせを説明している．波を生じさせる質点の全エネルギーには説明が及んでいない．そして，質点が備える振動数（4.1.11）を変化させることを保証するものではない．

$$f(\theta)=\frac{a_0(f)}{2}+\sum_{m=1}^{\infty}\left(a_m(f)\cdot\sin(m\cdot\theta)+b_m(f)\cdot\cos(m\cdot\theta)\right)\cdots(2.11)$$

慣性座標系上に近似で静止しているものと扱われる運動をする質点では，質点が備える振動数（4.1.11）の波は無限大（infinity）に発散する速さで伝搬する．このことは，ニュートン力学の情報伝達の速さに近いことを意味する．ニュートン力学ではアインシュタインの特殊相対性理論で説明するような質点の速さの限界を導出していない．各質点には質点間の距離が如何に離れていても，相互作用が生じるまでの時間が零であることをニュートン力学は採用している．このことでは，質点が備える振動数（4.1.11）の波の影響を説明できない．慣性座標系上に近似で静止している場合では，相互作用が生じるまでの時間が零に近いものとなる．この現象では，実際に質点が慣性座標系上に近似で静止している場合で（4.1.11）が成立することは証明されていない．近似で静止している場合では，質点の座標は質点が存在していた或る座標に近似する座標を示す．このことでは，重力および電気力のポテンシャルエネルギーを計算する質点間の距離も一般にほぼ等しい値となる．２つの質点の各位置で計算できる距離がほぼ等しいことでポテンシャルエネルギーがほぼ等しいことでは，運動エネルギーでも同様である．質点の全エネルギーでは，静止質量での質点の全エネルギーに近似することになる．そのようなエネルギーの近似値では，無限大に発散する速さで伝搬する波の影響は我々の理論の観測には無いものと説明されてしまうかもしれない．

電磁気力を説明するのにはローレンツ力（4.2.19）（the Lorentz force）を使用する．ローレンツ力では電場（electric field）および磁場（magnetic field）を記述している．電気力（4.2.20）は電場で点電荷に作用する．磁気力（4.2.21）は磁場で速度（4.2.22）での運動をしている点電荷に作用する．電磁気力の相互作用が光子の移動で説明できる電磁場ならば，他の粒子の移動および粒子が生じさせる波を説明する場で２重性を仮定できる余地もあるものと２０１５年現

在の著者は考える．

$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdots (4.2.19)$ ローレンツ力

$\mathbf{F}_E = q\mathbf{E} \cdots (4.2.20)$ 電気力

$\mathbf{F}_B = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \cdots (4.2.21)$ 磁気力

$\mathbf{v} \cdots (4.2.22)$

4.3　質点の静止質量，全エネルギーおよび運動量の関係[8),9)]

４章１節では，著者が独自に構築している波の理論で質点の全エネルギー（4.1.2）は質点が備える振動数（4.1.11）で記述できることを示した．質点が備える振動数（4.1.11）の左辺は波の性質を記述してあり，右辺は質点の性質を記述している．振動数（4.1.11）の右辺の分母に記述したプランク定数（2.17）はエネルギー放射で扱うものである．プランク定数で波の性質および質点の性質を関係付けている．プランク定数の値はミクロスケール（microscale）での値を量子（quantum）で記述するのに使用できる．振動数（4.1.11）の右辺の分子に記述した質点の全エネルギー（4.1.2）の右辺は質点の性質である．振動数（4.1.11）の左辺で波の性質である振動数を記述できることで，その振動数（4.1.11）の波の波長を（4.1.15）で記述できた．質点の全エネルギーおよび運動量は，アインシュタインの特殊相対性理論を使用することで静止質量との関係を導出できる．

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2 \cdots (4.1.2)$ 質点の持つ全エネルギー

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

$h = 6.62606896 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s} \cdots (2.17)$ プランク定数

$\lambda_{S\_v\mathrm{wave}} = \dfrac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.1.15)$ 質点で説明する波の波長の決定

著者が文献８で独自に定義した静止質量(4.1)を使用して，質点の静止質量を全エネルギーおよび運動量で記述できる．そして，その静止質量を使用して質点の等速度の速さおよび真空中の光の速さの関係を記述できる．これらの２つの関係式は，後に運動量および波長の関係式を４章４節で導出するのに使用する．４章５節では，運動量および波長の関係式を使用して質点の全エネルギー，運動量および波の速さの関係式を導出する．４章３節では，その２つの関係式を導出する．

$m_0 \equiv m(v) \cdot \sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}, (0 \le v \le c) \cdots (4.1)$

静止質量（4.1）の右辺に記述した慣性質量を平方根の中に書き直して（4.3.1）を記述できる．（4.3.1）の平方根の中の第１項に真空中の光の速さを４乗したものを分子および分母に（4.3.2）のように記述する．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = \sqrt{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2 - \frac{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2 \cdot (v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}} \cdots (4.3.1)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = \sqrt{\frac{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2 \cdot c^4}{c^4} - \frac{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2 \cdot (v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}} \cdots (4.3.2)$$

（4.3.2）の右辺に質点の全エネルギーが記述されているので（4.1.2）の左辺を使用して書き直すことで（4.3.3）を記述する．（4.3.3）の右辺に質点の運動量が記述されているので（4.3.4）の左辺を使用して書き直すことで（4.3.5）を記述する．（4.3.5）は，質点の静止質量を質点の持つ全エネルギーおよび運動量で記述した関係式である．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=\sqrt{\frac{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2}{c^4}-\frac{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2\cdot(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}\cdots(4.3.3)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdots(4.3.4)$$ 質点の運動量

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=\sqrt{\frac{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2}{c^4}-\frac{\left(p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)\right)^2}{c^2}}\cdots(4.3.5)$$ 全エネルギーおよび運動量で静止質量を記述した関係式

（4.3.5）の両辺を２乗すると（4.3.6）を記述できる．（4.3.6）の右辺の第２項に記述してある運動量を左辺に移行する．（4.3.6）の左辺に記述してある静止質量を右辺に移行することで運動量（4.3.7）を記述できる．運動量が（4.3.9）であることを使用すると，（4.3.10）を記述できる．（4.3.10）は，静止質量および全エネルギーで運動量を記述した関係式である．

$$(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c)^2=\frac{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2}{c^2}-\left(p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)\right)^2\cdots(4.3.6)$$

$$\left(p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)\right)^2=\frac{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2}{c^2}-(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c)^2\cdots(4.3.7)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\geq 0\cdots(4.3.9)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\sqrt{\frac{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\right)^2}{c^2}-(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c)^2}\cdots(4.3.10)$$ 静止質量および全エネルギーで運動量を記述した関係式

静止質量（4.1）では，質点が真空中の光の速さで移動している場合の静止質量は零であり（4.3.11）を仮定できる．（4.3.11）を（4.3.10）の右辺に代入すると運動量（4.3.12）を記述できる．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=0\cdots(4.3.11)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}{c}\cdots(4.3.12)$$

質点の全エネルギー（4.1.2）は質点の備える振動数で記述すると（4.1.13）である．質点の全エネルギー（4.1.13）は量子エネルギーであるものと仮定できる．質点の量子エネルギー（4.1.13）を（4.3.10）の右辺に代入すると（4.3.14）に記述できる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})=h\cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

$$\left(p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\right)^2}{c^2}-(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c)^2\cdots(4.3.14)$$

運動量を２乗した（4.3.14）の左辺に運動量（4.3.4）の右辺を代入して（4.3.15）を記述できる．慣性質量（4.3.16）の右辺を（4.3.15）の左辺に代入すると（4.3.17）になる．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdots(4.3.4)$$ 質点の運動量

$$\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot v_{S\_\text{masspoint}}(t)\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdots(4.3.15)$$

$$m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)=\frac{E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)}{c^2}\cdots(4.3.16)$$

$$\left(\frac{E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)}{c^2}\cdot v_{S\_\text{masspoint}}(t)\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdots(4.3.17)$$

（4.3.17）の左辺での真空中の光の速さを質点の持つ全エネルギーおよび質点の等速度の速さのそれぞれに（4.3.18）のように記述する．質点の持つ量子エネルギー（4.1.13）の右辺を（4.3.18）の左辺の質点の持つ全エネルギーに代入するよ

と（4.3.19）になる．

$$\left(\frac{E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)}{c}\cdot\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdots(4.3.18)$$

$$\left(\frac{h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}}{c}\cdot\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdots(4.3.19)$$

（4.3.19）の左辺のひとつの括弧を（4.3.20）の左辺のように２つにして記述する．（4.3.20）の左辺の波の性質を示す括弧の部分を（4.3.21）のように右辺に書き直す．

$$\left(\frac{h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}}{c}\right)^2\cdot\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdots(4.3.20)$$

$$\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2=\frac{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}{c^2}\cdot\frac{c^2}{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdot\frac{c^2}{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}\cdots(4.3.21)$$

（4.3.21）の右辺を整理すると（4.3.22）の左辺のように記述できる．（4.3.22）の左辺では，質点の等速度の速さが変数である．（4.3.22）の右辺では，質点が備える振動数（4.1.11）のみが変数である．このことで，（4.3.22）の左辺での質点の等速度の速さは，その右辺の質点が備える振動数に独立変数の扱いが可能である．質点が備える振動数が大きいほど質点の等速度の速さは速くなる．振動数が大きいことから，その振動数の周期は小さくなる．周期が小さいことでは，時間が早く進むことが仮定できる．この意味では，質点が静止している慣性座標系上には振動数は（4.3.22）の右辺の第２項が１に収束するように変化する．この変化では，振動数が小さくなっていく．振動数が小さくなっていくことで，その振動数の周期は大きくなっていく．周期が大きいことでは，時間が遅く進むことが仮定できる．（4.3.22）では，慣性座標系での時間の進み方が，同じ質点に対して異なることを説明できる．このことは，著者が独自に構築している波の理論で導出した振動数（4.1.11）を使用して説明した．質点が備える振動数（4.1.11）での振動数の変換は，４章７節で説明する．

$$\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2=1-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdot\frac{c^2}{\left(h\cdot \nu_{S\_v_{\text{wave}}}\right)^2}\cdots(4.3.22)$$

$$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)\ \text{質点で説明する波の振動数の決定}$$

質点の量子エネルギー（4.1.13）の左辺を（4.3.22）の右辺の第２項に代入すると（4.3.23）になる．質点の持つ全エネルギー（4.1.2）の右辺を（4.3.23）の右辺の第２項に代入することで（4.3.24）を記述できる．

$E_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) = h \cdot v_{S\_v_{\text{wave}}} \cdots (4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

$$\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2 = 1 - \left(m_{0S\_\text{masspoint}} \cdot c\right)^2 \cdot \frac{c^2}{\left(E_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})\right)^2} \cdots (4.3.23)$$

$E_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) = m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) \cdot c^2 \cdots (4.1.2)$ 質点の持つ全エネルギー

$$\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2 = 1 - \left(m_{0S\_\text{masspoint}} \cdot c\right)^2 \cdot \frac{c^2}{\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) \cdot c^2\right)^2} \cdots (4.3.24)$$

（4.3.24）の右辺の第２項に記述した真空中の光の速さを（4.3.25）の右辺に記述した第２項のように整理する．（4.3.25）の右辺の第２項を（4.3.26）の右辺の第２項のように整理する．

$$\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2 = 1 - \left(m_{0S\_\text{masspoint}}\right)^2 \cdot \frac{c^4}{\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})\right)^2 \cdot c^4} \cdots (4.3.25)$$

$$\left(\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}\right)^2 = 1 - \left(\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}}{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})}\right)^2 \cdots (4.3.26)$$

速さであるので（4.3.27）であることを仮定できる．（4.3.27）を使用して，（4.3.26）は（4.3.28）に記述できる．（4.3.28）では，左辺で質点の速さおよび真空中の光の速さを記述してあり，右辺で質点の静止質量および慣性質量（4.1.1）を記述している．（4.3.28）は質点の速さおよび真空中の光の速さの関係式である．

$$\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c} \geq 0 \cdots (4.3.27)$$

$$\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}}{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})}\right)^2} \cdots (4.3.28)$$ 質点の速さおよび真空中の光の速さの関係式

$m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) \cdots (4.1.1)$ 質点の慣性質量

（4.3.28）の右辺は不等式（4.3.29）を記述できる．不等式（4.3.29）では（4.3.28）の左辺は１以下である．

$$\sqrt{1 - \left(\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}}{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})}\right)^2} \leq 1 \cdots (4.3.29)$$

不等式（4.3.29）を使用すると（4.3.28）の左辺で不等式（4.3.30）を記述できる．不等式（4.3.30）の左辺に記述した真空中の光の速さを不等式（4.3.30）の右辺に記述すると不等式（4.3.31）を記述できる．不等式（4.3.31）左辺は質点の速さであり，右辺は真空中の光の速さである．不等式（4.3.31）では，質点の速さは真空中の光の速さを超えないことを意味する．この結果は，アインシュタインの特殊相対性理論で導出できたものである．

$$\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c} \leq 1 \cdots (4.3.30)$$

$$v_{S\_\text{masspoint}}(t) \leq c \cdots (4.3.31)$$

4.4 質点の運動量および波長の関係で考察する質点の速さおよび波の速さの関係[1),2),8),11)]

質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは，質点の等速度の速さとは異なる．このことは，（4.2.18）で既に触れた．（4.3.31）で質点の等速度の速さが真空中の光の速さを超えないことを導出できた．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = c^2, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \neq 0\right) \cdots (4.2.18)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \leq c \cdots (4.3.31)$$

（4.2.18）を波の速さ（4.4.1）に書き直す．質点の等速度の速さは真空中の光の速さに等しいことを（4.4.2）で仮定する．（4.4.2）を（4.4.1）の分母に代入すると（4.4.3）を導出できる．（4.4.3）では質点の速さが真空中の光の速さに等しいことから質点が備える振動数の波の速さは真空中の光の速さに等しいことを記述している．このことは，光子で説明できる．光の波は電磁波であり，光子は光の粒子であることを２０１５年現在の物理学で説明する．真空中の電磁波および光子は真空中の光の速さで移動するものと学習者は指導を受ける．

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = \frac{c^2}{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \neq 0\right) \cdots (4.4.1)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) = c \cdots (4.4.2)$$

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = c, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) = c\right) \cdots (4.4.3)$$

質点の等速度の速さが真空中の光の速さより小さい値であるものを（4.4.1）の分母に代入する．このことで，（4.4.1）では不等式（4.4.4）を記述できる．不等式（4.4.4）では，質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは真空中の光の速さ以上になる．

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \geq c, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \neq 0\right) \cdots (4.4.4)$$

（4.2.18）を導出する際に，質点および波の２重性に関する重要な式が有る．その式では，質点の運動量および質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長との関係を記述する．質点の運動量が波の波長で記述できる．このことで，振動数（4.1.11）で記述する質点の全エネルギーである量子エネルギー（4.1.13）および振動数（4.1.11）の波長で記述する質点の運動量を２重性に加えることになる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = h\cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

著者が独自に構築している波の理論で，波の波長で記述できる質点の運動量および（4.4.1）を導出することができる．４章４節では，波の波長で記述できる質点の運動量を導出する過程で質点の等速度の速さおよび波の速さの関係式（4.2.18）を導出する．

――質点の運動量および波長との関係――

運動量（4.3.10）の右辺に記述した平方根の中に記述している第１項を平方根の外に記述すると（4.4.5）になる．運動量（4.4.5）の平方根の中に記述している第２項の質点の持つ全エネルギーに（4.1.2）の右辺を代入することで（4.4.6）を記述できる．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\sqrt{\frac{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c\right)^2}\cdots(4.3.10)$$静止質量および全エネルギーで運動量を記述した関係式

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{c}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdot c^2}{\left(E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}\cdots(4.4.5)$$

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$質点の持つ全エネルギー

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{c}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c\right)^2\cdot c^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\right)^2}}\cdots(4.4.6)$$

運動量（4.4.6）の平方根の中に記述した第２項の真空中の光の速さを整理して（4.4.7）を記述する．運動量（4.4.7）の平方根の中に記述した第２項の真空中の光の速さを消すことで（4.4.8）を記述する．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{c}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2\cdot c^4}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2\cdot c^4}}\cdots(4.4.7)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{c}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}\cdots(4.4.8)$$

質点の等速度の速さ（4.4.9）を仮定することで，質点が備える振動数（4.1.11）で記述する質点の持つ量子エネルギー（4.1.13）を記述できる．量子エネルギー（4.1.13）を運動量（4.4.8）の右辺に代入すると（4.4.10）を記述できる．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\cdots(4.4.9)$$

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$波を示す質点の全エネルギー

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{c}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.10)$$

質点が備える振動数（4.1.11）の波長は（4.1.15）で導出した．波長（4.1.15）を振動数（4.4.11）に書き直して，運動量（4.4.10）の右辺に代入すると（4.4.12）を記述できる．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.1.15)$$質点で説明する波の波長の決定

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdots(4.4.11)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{c}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.12)$$

質点の等速度の速さおよび真空中の光の速さの関係式（4.3.28）を使用して運動量（4.4.12）を（4.4.13）に書き直す．運動量（4.4.13）の右辺には，質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長（4.4.11）が記述されている．量子エネルギーを記述する質点の運動量を導出するので，プランク定数（2.17）が記述できることは仮定できる．運動量（4.4.13）の右辺には他のものが記述されている．その他の部分について観察すると（4.4.12）の部分が記述されている．運動量

（4.4.13）の右辺を使用して（4.2.18）の導出も考察する．

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}=\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}\right)^2}\cdots(4.3.28)$$ 質点の速さおよび真空中の光の速さの関係式

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.13)$$

$$h=6.62606896\times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s}\cdots(2.17)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\neq 0)\cdots(4.2.18)$$

運動量（4.4.10）の右辺には振動数（4.1.11）が記述されている．振動数（4.1.11）を導出する際に質点の備える振動数（4.1.11）の仮定（4.1.10）を使用した．この仮定（4.1.10）で，真空中の光の波長（4.2.15）を運動量（4.4.10）の右辺に記述できる．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h\cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{c}\cdot\sqrt{1-\frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.10)$$

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\nu_{S\_c}\cdots(4.1.10)$$ 質点の振動数を仮定

$$\lambda_{S\_c}=\frac{c}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.2.15)$$

真空中の光の波長（4.2.15）の右辺の振動数を運動量（4.4.10）の右辺に代入すると（4.4.14）になる．運動量（4.4.14）の右辺には真空中の光の波長（4.2.15）を記述している．運動量（4.4.14）の右辺の平方根の中には静止質量（4.1）および慣性質量（4.1.1）を記述しており，単位を消して係数となっている．運動量の単位はプランク定数（2.17）および真空中の光の波長（4.2.15）で記述する．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}}\cdot\sqrt{1-\frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.14)$$

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\leq v\leq c)\cdots(4.1)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdots(4.1.1)$$ 質点の慣性質量

単位を考慮すると，運動量（4.4.14）の右辺の係数を（4.4.15）のように書き直すことで，プランク定数（2.17）および真空中の光の波長を使用して導出された新しい波長を（4.4.15）の右辺で仮定できる．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\dfrac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\dfrac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.15)$$

運動量（4.4.13）の右辺および運動量（4.4.15）の右辺を比較するので，（4.4.13）の左辺に（4.4.15）の右辺を代入すると（4.4.16）を記述できる．運動量の単位を記述している部分を（4.4.16）で比較すると，波長（4.4.17）を仮定できる．波長（4.4.17）を仮定すると，（4.4.16）では（4.4.18）を仮定することになる．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.13)$$

$$\frac{h}{\dfrac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\dfrac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}}}=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.16)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\dfrac{\left(m_{0S\_masspoint}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_masspoint}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_masspoint}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

$$\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdot\frac{v_{S\_masspoint}(t)}{c}=1,\left(v_{S\_masspoint}\neq 0\right)\cdots(4.4.18)$$

運動量（4.4.13）および運動量（4.4.15）では，波長の仮定（4.4.17）および‘質点の速さおよび波の速さの関係’の仮定（4.4.18）を使用することで運動量（4.4.19）を記述できる．運動量（4.4.19）は運動量および質点が備える振動数（4.1.11）の波長との関係を記述している．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

著者が独自に構築している波の理論で，振動数（4.1.11）で記述できる質点の持つ全エネルギー（4.1.13）および振動数（4.1.11）の波長（4.1.15）で記述できる運動量（4.4.19）を導出できた．このことでは，質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長で運動量を説明している．質点の持つ全エネルギーである量子エネルギーおよび運動量は質点の性質である．質点が備える振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）は波の性質である．２つの性質をひとつの質点で示すので，２重性と呼ばれる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.1.15)$$ 質点で説明する波の波長の決定

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

波長（4.4.17）は（4.4.20）に書き直せる．（4.4.20）の左辺は波の性質で記述している．（4.4.20）の右辺は質点の性質で記述している．

$$\frac{\lambda_{S\_c}}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}=\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.20)$$

（4.2.16）を（4.2.17）に書き直す．（4.2.17）の両辺は，波の性質で記述している．（4.2.17）の右辺は，質点が備える

振動数（4.1.11）の波の速さおよび真空中の光の速さで記述しているものと解釈できる．（4.2.17）の右辺を（4.4.20）の左辺に代入すると（4.4.21）を記述できる．（4.4.21）の左辺は，質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さおよび真空中の光の波の速さで記述しているものと解釈できる．

$$\frac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)} = \frac{\lambda_{S\_c}}{c} \cdots (4.2.16)$$

$$\frac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{\lambda_{S\_c}} = \frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c} \cdots (4.2.17)$$

$$\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)} = \sqrt{1 - \frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_\mathrm{wave}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.21)$$

一方，（4.4.21）の右辺は質点の性質で記述している．（4.4.21）の右辺は（4.3.28）の右辺に等しい．（4.3.28）の両辺は，質点の性質で記述しているものと解釈できる．（4.3.28）の左辺を（4.4.21）の右辺に代入すると（4.4.22）を記述できる．（4.4.22）の左辺は，波の性質で記述しているものと解釈できる．（4.4.22）の右辺は，質点の性質で記述しているものと解釈できる．

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_\mathrm{wave}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}\right)^2} \cdots (4.3.28)$$ 質点の速さおよび真空中の光の速さの関係式

$$\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)} = \frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.22)$$

（4.4.22）を書き直すと（4.4.23）になる．（4.4.23）は仮定（4.4.18）に等しい．

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c} \cdot \frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c} = 1, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.23)$$

$$\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c} \cdot \frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c} = 1, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.18)$$

（4.4.20）の左辺は波の関係式（4.1.15）および（4.2.15）から（4.4.22）の左辺を導出した．波の関係式（4.1.15）および（4.2.15）は，静止質量（4.3.1）とは独立して記述できたものである．（4.4.20）の右辺は静止質量（4.3.1）を書き直して導出した（4.3.28）を使用した部分である．

$$\frac{\lambda_{S\_c}}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}} = \sqrt{1 - \frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_\mathrm{wave}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.20)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.15)$$ 質点で説明する波の波長の決定

$$\lambda_{S\_c} = \frac{c}{\nu_{S\_v_\mathrm{wave}}} \cdots (4.2.15)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = \sqrt{(m_{S\_v_\mathrm{wave}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2 - \frac{(m_{S\_v_\mathrm{wave}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2 \cdot (v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}} \cdots (4.3.1)$$

質点の性質である静止質量（4.3.1）を使用することで，（4.4.20）の右辺を質点の等速度の速さおよび光子の速さで書き直せる．波の性質である関係式（4.1.15）および（4.2.15）を使用することで，（4.4.20）の左辺を質点が備える振動数

（4.1.11）の波の速さおよび真空中の光の波の速さで書き直せる．波長（4.4.17）から仮定（4.4.18）が導出できている．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

（4.4.16）の両辺は波の性質である関係式（4.1.15）および（4.2.15）を使用して導出している．（4.4.16）の両辺は質点の性質である静止質量（4.3.1）からも導出している．（4.4.16）の両辺は，波の性質である波の関係式（4.1.15）および（4.2.15）を満足する．さらに，質点の性質である静止質量（4.3.1）を満足する．波長（4.4.17）から仮定（4.4.18）が導出できることで．運動量（4.4.19）を記述できる．波の性質である波長（4.4.17）で波の関係式（4.1.15）および（4.2.15）を満足して，質点の性質である静止質量（4.3.1）を満足する運動量（4.4.19）を記述できる．

$$\frac{h}{\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}}}=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{vwave}}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.16)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

（4.4.23）は（4.4.24）に書き直せる．（4.4.24）は（4.2.18）に等しい．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\neq 0\right)\cdots(4.2.18)$$

（4.4.22）の右辺は質点の等速度の速さ――質点の性質である．――での記述である．（4.4.22）の左辺では波の波長――波の性質である．――での記述である．

$$\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}=\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.22)$$

（4.4.18）および（4.2.17）を使用すると，（4.4.25）を記述できる．

$$\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}=1,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.18)$$

$$\frac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{\lambda_{S\_c}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdots(4.2.17)$$

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}\cdot\frac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{\lambda_{S\_c}}=1,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.25)$$

（4.4.25）を振動数（4.1.11）の波長（4.4.26）に書き直す．（4.4.26）に関連する考察を波長の変換式として，５章で説明している．

$$v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{\lambda_{S\_c}}{\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.26)$$

質点が真空中の光の速さ（4.4.2）で移動する場合には波の速さは真空中の光の速さ（4.4.3）になった．そして，振動数（4.1.11）の波長（4.4.26）は，真空中の光の波長に等しいことを（4.4.27）で示す．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) = c \cdots (4.4.2)$$

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = c, (v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) = c) \cdots (4.4.3)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \lambda_{S\_c}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.27)$$

質点の等速度の速さが真空中の光の速さよりも遅い場合を（4.4.28）で記述する．（4.4.28）では，質点の備える振動数（4.1.11）の波の波長は真空中の光の波長よりも長いことを（4.4.29）で示す．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) < c \cdots (4.4.28)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} > \lambda_{S\_c}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.29)$$

質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長（4.4.17）は，質点が真空中の光の速さでも存在する波である．この波は（4.1.15）で説明できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1 - \frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.17)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.1.15)$$ 質点で説明する波の波長の決定

振動数（4.1.11）の波長（4.4.17）の右辺では，質点が静止している場合には分母が零になるので計算ができない．振動数（4.1.11）を導出する仮定では，質点は等速度運動をしている．ここでは，等速度運動している質点が静止している慣性座標系上では，その質点は波を生じさないものと仮定する．波が生じていないことでは，波の速さは零であるものと扱えるか？静止している質点では質点の速さは零である．このことで，波の速さが零であると（4.4.24）を満足しない．（4.4.24）でも，波長（4.4.17）は質点が等速度運動していることを仮定して導出できる．（4.4.24）では質点の等速度の速さが零に収束する場合では，その波の速さは無限大に発散する．これは，その質点が波を生じさせない仮定とは反するものと２０１５年現在の著者は解釈する．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = c^2, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.24)$$

振動数（4.1.11）を導出するのに仮定した量子エネルギー（2.16）には，正円の円周を等速で回転し続ける点が存在することを仮定している．そのように等速で回転している点が存在しないことで振動数は零である．振動数が零ならば光子の持つ量子エネルギー（2.16）も零である．光子の持つ全エネルギーが零であることでは，光子の静止質量が零である．円周を回転する点が存在しないので振動数が零になる場合では，正円の円周を回転する点の速さが零である．このことは，質点が備える振動数の波の速さが零であることを意味する．光子の持つ全エネルギーは他の物質に吸収され，真空中の光の速さで移動していた光子は消滅しているものと仮定できる．

$$E(c) = h \cdot \nu \cdots (2.16)$$ 光子の持つエネルギー

アインシュタインの特殊相対性理論では，慣性座標系は真空中の光の速さでは等速度運動をしない．このような慣性座標系の定義区間（3.18）では，真空中の光の速さの光子が静止できる慣性座標系は仮定できない．光子は静止質量が零である粒子なので，等速度の速さが零であることで慣性座標系上に静止していることはできなく全エネルギーが零で消滅しているものと解釈できる．エネルギーの保存則を考慮することで，その消滅した光子が持っていた全エネルギーは他の物質に吸収されたものと仮定できる．

$-c<u<c\cdots(3.18)$

波長（4.1.15）では分母および分子が零に収束（convergence）することでは極限値の不定形を記述する．この不定形で波長は無限大に発散することを仮定できる．図 2.1 の円周上に点が静止していることでは，図 2.1 の直交座標軸上の点の振動を観測できない．この静止している点の近傍では無限大の時間が経過していも波は，直交座標軸上の点が静止している軸上の値の近傍を与える．このように直交座標軸上のひとつの点の近傍を使用した或る線を無限大の時間で描くので，周期が無限大で波長は無限大に発散することを仮定できる．周期が無限大の場合では，振動数は零に収束することを（4.2.8）でも仮定できる．ただし，質点の等速度の速さが零に収束すると，その波の速さは（4.4.24）では無限大に発散する．この波の速さが無限大に発散する場合での波長が無限大に発散することは（4.1.15）で計算可能である．波長の無限大が波の速さの零に関係する場合について付録ｉで考察してある．

$T_{S_\mathrm{wave}}=\dfrac{1}{\nu_{S_v_{\mathrm{wave}}}},\left(\nu_{S_v_{\mathrm{wave}}}\neq 0\right)\cdots(4.2.8)$質点で説明する波の周期の決定

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

質点の等速度の速さが零に収束する場合では，その点が備える振動数の波長が無限大であることを仮定できる．このことは，（4.4.17）を書き直した（4.4.30）の右辺のみで質点が備える振動数（4.1.11）が不明瞭になる場合でも（4.4.24）を使用することで説明できる．（4.4.30）の右辺の係数である平方根は零に収束して，（4.4.30）の右辺のみでは波長の値は指定できない．（2.16）の光子が消滅する場合では（4.4.30）の左辺は零に仮定できる．そのような光子の消滅では，４章１節での導出理論では振動数（4.1.11）を導出できないので（4.4.30）を使用する条件を満足していない．一方，波長（4.4.17）では，分母が零に収束する際には分子の波長が零以外の有限値であろうとも無限大に発散しようとも左辺は無限大に発散することを説明できる．

$$\lambda_{S\_c}=\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\cdot\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.30)$$

波長（4.4.17）から仮定（4.4.18）を導出する．アインシュタインの特殊相対性理論での相対論的質量（4.5）を使用する．相対論的質量（4.5）を慣性質量（4.1.1）で（4.4.31）に書き直す．

$$m(v)=\frac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\cdots(4.5)$$

$m_{S_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S_\mathrm{masspoint}}\right)\cdots(4.1.1)$質点の慣性質量

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{\sqrt{1-\dfrac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.31)$$

相対論的質量（4.4.31）の両辺を２乗することで（4.4.32）を記述できる．(4.4.32）を（4.4.33）に書き直す．

$$\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\right)^2=\frac{\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\right)^2}{1-\frac{\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)^2}{c^2}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.32)$$

$$1-\frac{\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)^2}{c^2}=\frac{\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\right)^2},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.33)$$

質点が備えている振動数（4.1.11）の波の波長（4.4.17）の右辺の平方根の中に（4.4.33）を代入すると，(4.4.34）になる．(4.4.34）の右辺を波の波長（4.4.17）の右辺に代入すると（4.4.35）を記述できる．慣性質量で記述していた波長（4.4.17）を質点の速さで記述すると（4.4.35）になる．

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

$$1-\frac{\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\right)^2}=\frac{\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)^2}{c^2},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.34)$$

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{\frac{\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)^2}{c^2}}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.35)$$

質点が備えている振動数の波の波長 (4.4.35) の右辺を整理すると (4.4.36) を記述できる. 波の波長 (4.4.36) は (4.4.26) に等しい．波の波長（4.4.36）を整理すると（4.4.37）になる．

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\frac{v_{S\_\text{masspoint}}}{c}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.36)$$

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\frac{v_{S\_\text{masspoint}}(t)}{c}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.26)$$

$$\frac{v_{S\_\text{masspoint}}}{c}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\lambda_{S\_\text{wave}}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.37)$$

（4.4.37）および（4.2.17）を使用すると（4.4.38）を導出できる．(4.4.38）は（4.4.24）に等しい．(4.4.38）を使用すると，質点の速さが（4.4.39）の場合では質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは（4.4.40）である．(4.4.40）では質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さが真空中の光の速さ以上である．

$$\frac{\lambda_{S\_\text{wave}}}{\lambda_{S\_c}}=\frac{v_{S\_\text{wave}}(t)}{c}\cdots(4.2.17)$$

$$v_{S\_\text{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\text{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.38)$$

$$v_{S\_\text{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\text{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

$$v_{S\_\text{masspoint}}(t)\leq c,\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.39)$$

$$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$v_{S\_\text{wave}}(t)\geq c,\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.40)$$

運動量（4.3.10）を導出した．ここでは，静止質量が（4.3.11）の質点の運動量を導出する．

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)=\sqrt{\frac{\left(E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\right)^2}{c^2}-\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c\right)^2}\cdots(4.3.10)$$ 静止質量および全エネルギーで運動量を記述した関係式

$$m_{0S\_\text{masspoint}}=0\cdots(4.3.11)$$

静止質量（4.3.11）を運動量（4.3.10）の右辺に代入すると，運動量（4.3.12）を記述できる．静止質量が零である質点の運動量は（4.3.12）で記述できる．

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)}{c}\cdots(4.3.12)$$

質点の備える振動数（4.1.11）を使用して，その質点の持つ量子エネルギーは（4.1.13）で記述できる．質点の持つ量子エネルギー（4.1.13）を運動量（4.3.12）に代入すると（4.4.41）になる．

$$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\text{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)=\frac{h\cdot\nu_{S\_v_{\text{wave}}}}{c}\cdots(4.4.41)$$

光子は静止質量が零であり（4.3.11）で記述できる．真空中の光の波の伝搬の速さは真空中の光の速さである．その波の振動数は（4.4.42）で記述できる．

$$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}=\frac{c}{\lambda_{S\_c\text{wave}}}\cdots(4.4.42)$$

光の振動数である（4.4.42）を運動量（4.4.41）に代入すると運動量（4.4.43）を記述できる．運動量（4.4.43）は整理すると運動量（4.4.44）になる．

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)=\frac{h\cdot c}{c\cdot\lambda_{S\_c\text{wave}}}\cdots(4.4.43)$$

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c\text{wave}}}\cdots(4.4.44)$$

静止質量（4.3.11）を質点が備える振動数（4.1.11）の波長（4.4.17）に代入すると，（4.4.45）になる．波長（4.4.45）の右辺を整理すると，（4.4.46）になる．波長（4.4.45）での静止質量は著者が独自に定義した（4.1）を使用する．静止質量（4.1）の右辺に記述した慣性質量は（4.2）である．慣性質量（4.2）では真空中の光の速さを定義区間に含んでいる．

$$m_{0S\_\text{masspoint}}=0\cdots(4.3.11)$$

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\text{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

$$\lambda_{S\_c\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{(0)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)\right)^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.45)$$

$$\lambda_{S\_c\mathrm{wave}}=\lambda_{S\_c},(c\neq 0)\cdots(4.4.46)$$

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\le v\le c)\cdots(4.1)$$

$$m(v),(0\le v\le c)\cdots(4.2)$$

質点の運動量（4.4.19）の波長に（4.4.45）の左辺を使用すると，運動量（4.4.47）を記述できる．波長（4.4.46）の右辺を使用すると，運動量（4.4.47）は（4.4.48）になる．光子の運動量は（4.4.48）で記述できる．

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c\mathrm{wave}}},(c\neq 0)\cdots(4.4.47)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}},(c\neq 0)\cdots(4.4.48)$$ 光子の運動量

光子が真空中の光の速さで移動しているので，その光子の運動量は（4.4.49）で記述できる．光子の持つ全エネルギーは（4.1.3）で記述できる．

$$p_{S\_c}(t)=m_S(c)\cdot c\cdots(4.4.49)$$

$$E_S(c)=m_S(c)\cdot c^2\cdots(4.1.3)$$ 光子の持つ全エネルギー

光子の質量は，光子の持つ全エネルギー（4.1.3）を書き直して（4.4.50）で記述できる．光子の慣性質量（4.4.50）を運動量（4.4.49）に代入すると，（4.4.51）を記述できる．運動量（4.4.51）の右辺を整理すると，（4.4.52）になる．

$$m_S(c)=\frac{E_S(c)}{c^2}\cdots(4.4.50)$$

$$m_S(c)\cdot c=\frac{E_S(c)}{c^2}\cdot c\cdots(4.4.51)$$

$$p_{S\_c}(t)=\frac{E_S(c)}{c}\cdots(4.4.52)$$

光子の振動数は（4.1.11）で記述できる．光子の持つエネルギー（2.16）は（4.1.12）で記述できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E(c)=h\cdot\nu\cdots(2.16)$$ 光子の持つエネルギー

$$E_S(c)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.12)$$

ここで，（4.1.10）を使用することで運動量（4.4.52）に光子の量子エネルギー（4.1.12）を代入することで，（4.4.53）になる．真空中の光の速さは，波の性質で（4.2.3）に記述できる．真空中の光の速さ（4.2.3）の波長は（4.4.54）に記述できる．（4.4.54）を運動量（4.4.53）の右辺に代入すると，運動量（4.4.55）になる．運動量（4.4.55）は運動量（4.4.48）に等しい．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\nu_{S\_c}\cdots(4.1.10)$$ 質点の振動数を仮定

$$p_{S\_c}(t)=\frac{h\cdot\nu_{S\_c}}{c}\cdots(4.4.53)$$

$$c=\nu_{S\_c}\cdot\lambda_{S\_c}\cdots(4.2.3)$$

$$\nu_{S\_c}=\frac{c}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.4.54)$$

$$p_{S\_c}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.4.55)$$ 光子の運動量

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}},(c\neq 0)\cdots(4.4.48)$$ 光子の運動量

4.5　質点の持つ全エネルギーおよび運動量で記述する波の速さの関係

質点の波の性質である波長を（4.4.17）で仮定した．このことで，質点の運動量（4.3.4）は波長（4.4.17）を使用して運動量（4.4.19）で記述できる．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\dfrac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdots(4.3.4)$$ 質点の運動量

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

質点が備える振動数（4.1.11）で，質点の持つ全エネルギー（4.1.2）は質点の持つ量子エネルギー（4.1.13）で記述できる．質点が等速度運動することで質点の等速度の速さが観測できることを仮定する．その質点が備える振動数（4.1.11）の波が伝搬することで，その波の速さを観測できることを仮定できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

質点の等速度の速さおよび質点が備える振動数の波の速さの関係は（4.4.24）で記述できる．質点の運動量および全エネルギーの関係で波の速さを記述できる．この関係を４章５節では導出する．その関係でも，（4.4.24）は満足する．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

波の速さおよび波長の関係（4.2.17）を使用する．質点の運動量は（4.4.19）で記述できる．運動量（4.4.19）の右辺の波長を運動量で（4.5.1）の記述ができる．

$$\frac{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}{\lambda_{S\_c}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdots(4.2.17)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{h}{p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.1)$$

（4.2.17）の左辺に波長（4.5.1）を代入すると（4.5.2）を記述できる．質点の運動量は（4.3.4）である．運動量（4.3.4）を（4.5.2）の左辺の運動量に代入すると，（4.5.3）になる．

$$\frac{h}{p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)\cdot\lambda_{S\_c}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdots(4.5.2)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdots(4.3.4)$$ 質点の運動量

$$\frac{h}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot\lambda_{S\_c}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdots(4.5.3)$$

光子の運動量（4.4.54）の左辺を（4.5.3）の左辺に代入すると（4.5.4）を記述できる．光子の運動量は（4.4.48）でも記述できる．光子の運動量（4.4.48）の右辺を（4.5.4）の左辺に代入すると，（4.5.5）になる．

$$p_{S\_c}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.4.54)$$ 光子の運動量

$$\frac{p_{S\_c}(t)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdots(4.5.4)$$

$$p_{S\_c}(t)=m_S(c)\cdot c\cdots(4.4.48)$$

$$\frac{m_S(c)\cdot c}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{c}\cdots(4.5.5)$$

（4.5.5）の右辺の真空中の光の速さを（4.5.5）の左辺に記述すると，波の速さ（4.5.6）になる．波の速さ（4.5.6）の左辺には光子の持つ全エネルギー（4.1.3）を記述している．光子の持つ全エネルギー（4.1.3）は質点の持つ全エネルギーに等しいことを（4.1.4）で仮定した．この仮定（4.1.3）および運動量（4.3.4）を使用すると，波の速さ（4.5.6）は（4.5.7）で記述できる．

$$\frac{m_S(c)\cdot c^2}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=v_{S\_\mathrm{wave}}(t)\cdots(4.5.6)$$

$$E_S(c)=m_S(c)\cdot c^2\cdots(4.1.3)$$ 光子の持つ全エネルギー

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=E_S(c)\cdots(4.1.4)$$ （4.1.3）の光子の慣性質量を決定する仮定

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdots(4.3.4)$$ 質点の運動量

$$\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}=v_{S\_\mathrm{wave}}(t),\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.7)$$

波の速さ（4.5.7）は（4.5.8）に書き直すことができる．波の速さ（4.5.8）の左辺は波の速さを記述している．波の速さ（4.5.8）の右辺には，質点の持つ全エネルギーおよび運動量を記述できる．（4.5.8）の左辺は波の性質である．（4.5.8）の右辺は質点の性質である．

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.8)$$

波の速さ（4.5.8）を導出できた（4.5.6）の右辺の質量に（4.1.3），（4.1.2）および（4.1.4）を使用すると，（4.1.6）

になった．慣性質量 (4.1.6) を使用すると，波の速さ (4.5.6) は (4.5.9) になる．波の速さ (4.5.9) を書き直すと，(4.4.24) になる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_S(c)\cdots(4.1.6)$$

$$\frac{c^2}{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=v_{S\_\mathrm{wave}}(t),\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.9)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

4.6　静止している質点の波の性質

質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは，その質点の等速度の速さとは（4.4.24）の関係を示す．（4.4.24）で質点の等速度の速さは零にはならない．質点の等速度の速さが零にはならないことは，質点が備える振動数（4.1.11）を導出する際に，質点が等速度運動していることを仮定していることに一致する．この場合では，質点の等速度の速さが零にどこまでも近づいていくことで極限値の計算ができる．この極限値の計算をすることで，慣性座標系を選択する際の周期を真空中の光の速さを使用して選択できる．その周期は，慣性座標系の時計の周期として扱えることを４章６節で説明する．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

４章５節で質点の備える振動数 (4.1.11) の波の速さ (4.5.8) を導出した．波の速さ (4.5.8) の両辺の極限値を (4.6.1) で記述できる．

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.8)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}=\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdots(4.6.1)$$

波の速さ（4.5.9）の左辺を（4.6.1）の右辺に代入する．質点の持つ全エネルギー（4.1.2）および運動量（4.3.4）を波の速さ（4.6.1）の左辺に代入すると，（4.6.2）を記述できる．

$$\frac{c^2}{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=v_{S\_\mathrm{wave}}(t),\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.9)$$

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdots(4.3.4)$$ 質点の運動量

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot v_{S\_\text{masspoint}}}=\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{c^2}{v_{S\_\text{masspoint}}},\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.2)$$

（4.6.2）を整理すると，（4.6.3）になる．（4.6.3）は（4.5.9）の両辺の極限値の計算に等しい．極限値の波の速さ（4.6.3）は（4.6.4）になる．質点の等速度の速さが零に限りなく近づくことで，極限値の波の速さ（4.6.4）は無限大に発散する．

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{c^2}{v_{S\_\text{masspoint}}}=\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}v_{S\_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right),\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.3)$$

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}v_{S\_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)=\infty,\left(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.4)$$

質点が備える振動数（4.1.11）の極限値を計算する．（4.1.11）の両辺の極限値は（4.6.5）で記述できる．

$$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)=\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.6.5)$$

極限値（4.6.5）の右辺は（4.6.6）の右辺で記述できる．著者が独自に定義した静止質量（4.1）を使用して，静止質量（4.6.7）を記述できる．（4.6.6）の右辺には静止質量（4.6.7）を記述している．

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}=\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}(0)\cdot c^2}{h}\cdots(4.6.6)$$

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\leq v\leq c)\cdots(4.1)$$

$$m_{0S\_\text{masspoint}}=m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)^2}{c^2}},\left(0\leq v_{S\_\text{masspoint}}\leq c\right)\cdots(4.6.7)$$

質点の持つ全エネルギー（4.1.2）に質点の等速度の速さ（4.6.8）を代入すると，（4.6.9）を記述できる．質点の静止質量（4.6.7）に質点の等速度の速さ（4.6.8）を代入すると，（4.6.10）を記述できる．（4.6.10）の右辺を整理すると（4.6.11）になる．

$$E_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\text{wave}}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$v_{S\_\text{masspoint}}=0\cdots(4.6.8)$$

$$E_{S\_v_{\text{wave}}}(0)=m_{S\_v_{\text{wave}}}(0)\cdot c^2\cdots(4.6.9)$$

$$m_{0S\_\text{masspoint}}=m_{S\_v_{\text{wave}}}(0)\cdot\sqrt{1-\frac{(0)^2}{c^2}},\left(0\leq v_{S\_\text{masspoint}}\leq c\right)\cdots(4.6.10)$$

$$m_{0S\_\text{masspoint}}=m_{S\_v_{\text{wave}}}(0),\left(0\leq v_{S\_\text{masspoint}}\leq c\right)\cdots(4.6.11)$$

静止質量（4.6.11）を使用すると，（4.6.9）は（4.6.12）に書き換えることができる．極限値の振動数（4.6.6）の右辺は（4.6.13）になる．

$$m_{S\_v_{\text{wave}}}(0)\cdot c^2=m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c^2\cdots(4.6.12)$$

$$\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}(0)\cdot c^2}{h}=\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c^2}{h}\cdots(4.6.13)$$

質点の持つ量子エネルギー（4.1.13）に質点の等速度の速さ（4.6.8）を代入すると，極限値（4.6.14）を記述できる．質点の等速度の速さが（4.6.8）の場合で，質点の持つ量子エネルギー（4.6.14）は質点の持つ静止質量の全エネルギー（4.6.12）に等しいことになる．（4.6.15）の左辺は質点の量子エネルギーの極限値（4.6.14）であり，その右辺は質点の持つ静止質量の全エネルギー（4.6.12）である．

$E_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})=h\cdot\nu_{S\_v_{\text{wave}}}\cdots(4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

$v_{S\_\text{masspoint}}=0\cdots(4.6.8)$

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}E_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})=h\cdot\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(0),(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.6.14)$$

$$h\cdot\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(0)=m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c^2,(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.6.15)$$

質点が備える振動数の極限値（4.6.5）の左辺は（4.6.16）の右辺で記述できる．（4.6.16）の右辺は，（4.6.5）の右辺を書き直すと(4.6.13)の右辺に等しいので極限値(4.6.17)を記述できる.質点が備える振動数の極限値(4.6.17)は(4.6.18)で記述できる．（4.6.15）の左辺を（4.6.18）の右辺に代入すると，（4.6.17）の左辺になる．質点が備える振動数の極限値（4.6.18）は，有限値に収束する場合を説明する．

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})=\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.6.5)$$

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})=\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(0)\cdots(4.6.16)$$

$$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(0)=\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c^2}{h}\cdots(4.6.17)$$

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})=\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c^2}{h},(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.6.18)$$

質点の運動量は（4.4.19）で記述できた．運動量（4.4.19）を使用して，質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長を（4.5.1）で記述できる．

$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)=\dfrac{h}{\lambda_{S\_\text{wave}}},(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.19)$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

$\nu_{S\_v_{\text{wave}}}=\dfrac{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{h}{p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)},(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.5.1)$$

波長（4.5.1）の両辺の極限値は（4.6.19）で記述できる．極限値（4.6.19）の右辺は無限大に発散するので（4.6.20）で記述できる．

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\text{wave}}=\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\frac{h}{p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)},(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.6.19)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.20)$$ 質点の備える振動数の波の波長が発散

質点が備える振動数は（4.1.11）であるので，質点の等速度の速さを独立変数とする．波の速さは（4.5.9）であるので，質点の等速度の速さを独立変数とする．波の波長は（4.1.15）であるので，右辺は質点の等速度の速さを独立変数とする．このことで，波の波長（4.1.15）の両辺は質点の等速度の速さを独立変数とする．さらに，（4.1.15）を使用して（4.6.21）で質点が備える振動数を記述できる．

$$\frac{c^2}{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=v_{S\_\mathrm{wave}}(t),\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.9)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.1.15)$$ 質点で説明する波の波長の決定

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\cdots(4.6.21)$$

質点の速さを独立変数とする波の波長 (4.1.15) の極限値は (4.6.22) で記述できる．(4.6.22) の右辺には極限値 (4.6.18) の左辺が記述してある．（4.6.18）の右辺を（4.6.22）の右辺に代入すると，（4.6.23）になる．極限値（4.6.23）の右辺は極限値（4.6.24）の右辺のように無限大に発散する．質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長は（4.6.20）のように無限大に発散する．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.22)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{h},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.18)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{h}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.23)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{h}}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.24)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.20)$$ 質点の備える振動数の波の波長が発散

質点が備える振動数（4.1.11）は波の記述で（4.1.14）になる．振動数（4.1.14）が（4.6.21）で質点の等速度の速さを独立変数とすることは既に説明した．（4.6.21）の両辺の極限値は（4.6.25）で記述できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.14)$$ 質点で説明する波の振動数の定義

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\cdots(4.6.21)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.25)$$

極限値（4.6.25）の右辺は（4.6.26）で記述できる．極限値（4.6.26）の右辺は，波の速さの発散（4.6.4）および波長の

発散 (4.6.20) で不定形 (4.6.27) である．不定形である極限値 (4.6.27) は質点が備える振動数 (4.1.11) の極限値 (4.6.18) に等しいので収束する．質点の等速度の速さが限りなく零に近づくことでは，波の速さおよび波長は無限大に発散し振動数は有限値に収束する場合を説明できる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(0)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}(0)},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.26)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} v_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.4)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.20)\text{質点の備える振動数の波の波長が発散}$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\text{は不定形}\frac{\infty}{\infty}\text{である．},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.27)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{h},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.18)$$

質点が備える振動数（4.1.11）を導出する際に，（4.1.10）を仮定した．このことで，真空中の光の波長は（4.2.15）で記述できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\nu_{S\_c}\cdots(4.1.10)\text{質点の振動数を仮定}$$

$$\lambda_{S\_c}=\frac{c}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.2.15)$$

真空中の光の波長（4.2.15）の両辺の極限値は（4.6.28）を記述できる．極限値（4.6.28）の右辺には（4.6.18）が記述してある．（4.6.18）の右辺を極限値（4.6.28）の右辺に代入すると，（4.6.29）になる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \lambda_{S\_c}=\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{c}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.28)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \frac{c}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}=\frac{c}{\dfrac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{h}},\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.29)$$

極限値（4.6.29）の右辺は整理すると（4.6.30）になる．静止質量（4.6.11）で真空中の光の速さで伝搬する光子の運動量は（4.6.31）で記述できる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0} \frac{c}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}=\frac{h}{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c},\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.30)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0),\left(0\leq v_{S\_\mathrm{masspoint}}\leq c\right)\cdots(4.6.11)$$

$$p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}=m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c,\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.31)$$

真空中の光の波長を使用すると光子の運動量は（4.4.54）で記述できる．真空中の光の速さで移動する光子の運動量は（4.4.48）でも記述した．

$$p_{S\_c}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.4.54)\text{光子の運動量}$$

$$p_{S\_c}(t)=m_S(c)\cdot c\cdots(4.4.48)$$

質点が備える振動数 (4.1.11) を導出する際に，その質点の慣性質量は選択された光子の慣性質量に等しいことを (4.1.6)

で仮定した．静止質量（4.6.11）では，（4.1.6）を使用すると（4.6.32）になる．静止質量（4.6.11），光子の運動量（4.6.31）および静止質量（4.6.32）を使用すると，光子の運動量（4.6.33）を記述できる．

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_S(c)\cdots(4.1.6)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0)=m_S(c),\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.32)$$

$$p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}=p_{S\_c}(t),\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.33)$$

光子の運動量（4.4.54）を使用すると，真空中の光の波長は（4.6.34）で記述できる．運動量（4.6.33）の左辺を使用して，真空中の光の波長（4.6.34）の右辺は（4.6.35）の右辺で記述できる．

$$\lambda_{S\_c}=\frac{c}{p_{S\_c}(t)}\cdots(4.6.34)$$

$$\lambda_{S\_c}=\frac{c}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}},\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.35)$$

（4.6.35）を使用すると，真空中の光の速さで伝搬する光子の運動量（4.6.31）は（4.6.36）の右辺に記述できる．極限値（4.6.37）は（4.6.36）で無限大には発散していない場合を説明できる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\frac{c}{v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}=\frac{h}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}},\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.36)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_c}\neq\infty,\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.37)$$

質点の等速度の速さが零に限りなく近づく場合の振動数（4.1.11）の質点で生じる波の極限値である波長は（4.6.20）で無限大に発散した．質点の等速度の速さが零に限りなく近づく場合の真空中の光の波の波長は，（4.6.37）で有限値に収束する場合を説明できる．このことは，（4.2.13）で記述できる．（4.6.36）は（4.6.38）で記述できる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.20)$$ 質点の備える振動数の波の波長が発散

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\neq\lambda_{S\_c}\cdots(4.2.13)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_c}=\frac{h}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}},\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.38)$$ 真空中の光の波長が収束

（4.6.38）では慣性座標系上を真空中の光子が等速度運動している場合である．その光子の量子エネルギーが静止している質点の量子エネルギーに等しいことで極限値（4.6.38）の波長を計算できる．静止している質点の静止質量は零でないことを仮定した．光子の静止質量は零である．極限値（4.6.38）の仮定が成立しない場合で質点の静止質量が（4.6.39）であることでは，真空中を等速度運動している光子の波長は（4.6.40）のように無限大に発散する．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=0\cdots(4.6.39)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_c}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.40)$$

光子の速さが限りなく零に近づく場合では，（4.6.41）が成立する．ここでは，（4.6.39）を仮定して（4.6.18）使用すると，振動数の極限値（4.6.41）は零になる．この結果は，真空中の光の波長（4.2.15）で極限値を計算して導出できる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=0,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.41)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{h},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.18)$$

$$\lambda_{S\_c} = \frac{c}{v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.2.15)$$

質点の持つ全エネルギーは（4.1.2）で記述できる．質点の持つ全エネルギー（4.1.2）を使用すると，真空中の光の速さの２乗は（4.6.42）になる．（4.6.42）を使用すると，真空中の光の速さは（4.6.43）で説明できる．真空中の光の速さ（4.6.43）は，質点の持つ全エネルギーおよび慣性質量を質点の等速度の速さで決定できる．真空中の光の速さは定数である．各慣性座標系上での質点の等速度の速さで，その質点の持つ全エネルギーおよび慣性質量が真空中の光の速さ（4.6.43）の値になるように説明できる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2 \cdots (4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$c^2 = \frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}, \left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \neq 0\right) \cdots (4.6.42)$$

$$c = \sqrt{\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}}, \left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \neq 0\right) \cdots (4.6.43)$$

質点の等速度の速さおよび質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さとの関係は（4.4.24）で記述できる．（4.4.24）の右辺に（4.6.42）を代入すると，（4.6.44）になる．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = c^2, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (4.4.24)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t) \cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = \frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (4.6.44)$$

質点の持つ全エネルギー（4.1.2）および質量（4.1.1）は，真空中の光の速さ（4.6.43）で決定する．質点が静止している際には質点の静止質量（4.6.7）は，その質量での全エネルギー（4.6.9）を与える量である

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2 \cdots (4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdots (4.1.1)$$ 質点の慣性質量

$$c = \sqrt{\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}}, \left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \neq 0\right) \cdots (4.6.43)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot \sqrt{1 - \frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}, \left(0 \leq v_{S\_\mathrm{masspoint}} \leq c\right) \cdots (4.6.7)$$

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0) \cdot c^2 \cdots (4.6.9)$$

その全エネルギー（4.6.9）に等しい量子エネルギー（4.1.13）を全エネルギーとする光子の周期（4.2.5）で時間（4.2.20）が等しくないことを計算できる．真空中の光の波長（4.2.12）が異なることは，光子の振動数（4.4.53）で計算できる周

期（4.2.5）が異なることで説明できる．この周期（4.2.5）が異なることは，波の速さは等しいことで移動時間（4.2.20）が異なることから波長（4.2.12）が異なることになる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

$$T_{S\_c}=\frac{\lambda_{S\_c}}{c}\cdots\cdot(4.2.5)$$

$$h_t=\frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)},\left(v_{\mathrm{wave}}(t)\neq 0\right)\cdots(2.20)$$

$$\lambda_{S\_c}=c\cdot T_{S\_\mathrm{wave}}\cdots(4.2.12)$$

$$\nu_{S\_c}=\frac{c}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.4.53)$$

振動数（4.1.11）の真空中の光の波長（4.2.12）を（4.4.17）で，その質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長に変換することがきる．質点の等速度の速さが零に限りなく近づく場合には，（4.6.20）のように質点が備える振動数の波長は発散する．（4.6.20）が成立する場合では，真空中の光の波長は極限値（4.6.38）で収束する．光子の静止質量は（4.6.39）になる．極限値（4.6.40）では速さが零に限りなく近づく質点の静止質量（4.6.39）での無限大になる発散である．ここで議論している慣性座標系の時計を仮定する場合には真空中の光の速さは慣性座標系上を伝搬していることになる．時計を区別する情報として，質点の速さ，振動数（4.1.11）および真空中の光の波長（4.2.12）を扱うことができる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\dfrac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.20)$$ 質点の備える振動数の波の波長が発散

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_c}=\frac{h}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}},\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.38)$$ 真空中の光の波長が収束

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=0\cdots(4.6.39)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to 0}\lambda_{S\_c}=\infty,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.40)$$

振動数（4.1.11）は（4.1.10）で真空中の光の振動数に等しい．真空中の光の周期に（4.2.7）が成立することで（4.2.9）が成立している．このことで，真空中の光の波長（4.2.12）は振動数（4.1.11）が異なることで変化する．真空中の光の振動数（4.1.10）で真空中の光子を選択している．そのような光子の選択は，振動数（4.1.11）の右辺が質点の性質で扱う．質点が静止している慣性座標系上で真空中の光を観測する．静止している質点の備えている振動数（4.1.10）の周期（4.2.9）での真空中の光の波長（4.2.12）が観測できる．この波長（4.2.12）の計算では，慣性座標系上を伝搬している真空中の光の波を観測している．真空中の光の波長（4.2.12）が有限値であるので，（4.4.54）では光子の運動量を有限値で説明する．質点の等速度の速さが限りなく零に近づく場合では真空中の光の波長の極限値（4.6.38）が収束する．真空中の光の波でも振動数（4.1.10）が有限値であるので真空中の光の波長（4.2.15）が有限値であるものと説明できる．

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \nu_{S\_c} \cdots (4.1.10)$ 質点の振動数を仮定

$T_{S\_c} = \dfrac{1}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}, (\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \neq 0) \cdots (4.2.7)$

$T_{S\_\mathrm{wave}} = T_{S\_c} \cdots (4.2.9)$

$\lambda_{S\_c} = c \cdot T_{S\_\mathrm{wave}} \cdots (4.2.12)$

$p_{S\_c}(t) = \dfrac{h}{\lambda_{S\_c}} \cdots (4.4.54)$ 光子の運動量

$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \lambda_{S\_c} = \dfrac{h}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}}, (m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0, v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.38)$ 真空中の光の波長が収束

$\lambda_{S\_c} = \dfrac{c}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.2.15)$

質点が備える振動数（4.1.11）で計算できる真空中の光の波長（4.2.12）で，時計が異なることを説明できるものと仮定できる．時計では，１周期（4.2.7）を我々の使用する時間（2.20）に分割して使用できる．１周期が異なることで，全エネルギー（4.1.13）が異なることを記述できる．

$T_{S\_c} = \dfrac{1}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}, (\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \neq 0) \cdots (4.2.7)$

$h_t = \dfrac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, (v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0) \cdots (2.20)$

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = h \cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} \cdots (4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

光子の持つ量子エネルギーは光子の振動数で記述できる．その光子の振動数の決定は，真空中の光の波の周期の決定である．その周期は，慣性座標系の時計の周期として扱う．慣性座標系の選択は，その慣性座標系および他の慣性座標系との間で相対性での等速度の速さを決定して選択できる．その相対性での慣性座標系の速さは，その慣性座標系上に静止している質点の他の慣性座標系上での等速度の速さである．他の慣性座標系上で質点の等速度の速さおよび真空中の光の速さを観測できる．その際に，真空中の光を振動数（4.1.11）で選択する．

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

質点が静止している慣性座標系 S_1 を選択でき，選択した光で時計の周期を与える．このことで，その質点が静止している慣性座標系 S_1 は質点の等速度の速さで一意に決定できる．この時計の周期および慣性座標系の速さの指定では，慣性座標系 S_1 に静止するひとつの質点を仮定する．その質点の持つ全エネルギーを計算できる．慣性座標系 S_1 の指定のみでは，慣性座標系 S_1 上に時計の周期を計算できない．時計の周期で振動数が一意に決定し，量子エネルギーを計算できる．その量子エネルギーをひとつの質点の持つ全エネルギーとすることで，その仮定したひとつの質点の慣性質量（4.1.1）で時計の周期を仮定できる．

$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdots (4.1.1)$ 質点の慣性質量

慣性座標系上の時計の周期は，正確であることで任意に選択できる余地は有る．その任意の余地で，慣性座標系 S_1 に静止することを仮定したひとつの質点内に保存している全エネルギーを量子エネルギーに記述する振動数で，時間（2.20）を計ることができる．慣性座標系 S の時計の振動数は，質点が等速度運動している慣性座標系 S で観測している．さらに，その質点が静止している慣性座標系 S_1 の時計の振動数として変換できる．慣性座標系 S_1 に静止しているひとつの質点を質点系として構成しているそれぞれの質点が有る．それらの質点が静止している慣性座標系での時間に，

慣性座標系 S で観測した振動数の時計の時間は真空中の光の波の速さで変換できる．この時間（2.20）の計算では，両方の慣性座標系上で真空中の光の速さが同じ定数で計算できる．振動数の変換は，４章７節で導出している．

$$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, \left(v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0\right) \cdots (2.20)$$

図 2.1 のような正円の円周になる真空中の光の波長は極限値（4.6.38）で計算できる．波長（4.6.38）は質点が静止している場合での極限値である．質点が静止している慣性座標系上の時計は，図 2.1 のような正円の円周が極限値（4.6.38）で点が真空中の光の速さの等速で円周を回転し続ける．質点が静止している慣性座標系の時計の振動数は極限値（4.6.18）である．正円を使用した時計では，それぞれの慣性座標系の時計として同じ値である真空中の光の速さで計算できる．波長（4.6.38）および振動数（4.6.18）は，質点が等速度運動している慣性座標系上で質点の等速度の速さが限りなく零に近づくことを仮定して計算している．この極限値（4.6.18）に振動数が収束することでは，すべての慣性座標系で物理法則は同じであることを仮定するので他の慣性座標系でも成立することになる．このことは，同じ真空中の光の速さで計算できることを説明する．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \lambda_{S\_c} = \frac{h}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}}, \left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0, v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (4.6.38)$$ 真空中の光の波長が収束

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = \frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \cdot c^2}{h}, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (4.6.18)$$

各慣性座標系で振動数（4.6.18）が異なることで，（4.6.38）の円周は選択される．その円周の正円の周期は，質点が等速度運動している慣性座標系の時計と異なる周期である．同じ質点の周期が異なることは，その慣性座標系に静止していることを仮定した質点が持つ全エネルギーがプランク定数に比例して振動数（4.6.18）に示されることで説明できる．時計の振動数（4.1.11）――この議論では（4.6.18）でも使用できる．――は，質点が等速度運動している慣性座標系上で観測した真空中の光の速さで計算したものである．この計算では，他の慣性座標系の時計でも同じ値である真空中の光の速さを使用する．それぞれの時計がそれぞれの慣性座標系で時間を計算できる．このことは，他の慣性座標系でも成立するものと考えることができる．真空中の光の速さは（3.14）で記述できた．真空中の光の速さ（3.14）の右辺に記述した定数は，すべての真空中の慣性座標系で成立する定数として２０１５年現在の理論物理学では扱うことができる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \times \varepsilon_0}}, (c \neq 0, c > 0) \cdots (3.14)$$ 真空中の光の速さ

エネルギーの変化は時計が異なることを仮定できる．このことは，振動数（4.1.11）が変化することで時計の周期（4.2.8）が異なることが振動数を基準にして仮定できる．真空中の光の速さは，（4.6.43）の右辺で慣性座標系上の質点の全エネルギー（4.1.2）および質量（4.1.1）を決定する基準となる値である．（4.6.43）を決定する真空中の光の振動数を質点が備える振動数に等しくすることを（4.1.10）で仮定した．振動数および波の速さが決定することで，真空中の光の波長が一意に定まる．振動数は，時計の周期を与えることができる．そして，振動数（4.1.11）はひとつの慣性座標系上で選択すべき振動数を持つ真空中の光を決定できる基準である，ものと２０１５年現在の著者は考える．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$T_{S\_\text{wave}} = \frac{1}{\nu_{S\_\nu_\text{wave}}}, \left(\nu_{S\_\nu_\text{wave}} \neq 0\right) \cdots (4.2.8)$$ 質点で説明する波の周期の決定

$$c = \sqrt{\frac{E_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)}{m_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right)}}, \left(m_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right) \neq 0\right) \cdots (4.6.43)$$

$E_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right) = m_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right) \cdot c^2 \cdots (4.1.2)$ 質点の持つ全エネルギー

$m_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right) \cdots (4.1.1)$ 質点の慣性質量
$\nu_{S\_\nu_\text{wave}} = \nu_{S\_c} \cdots (4.1.10)$ 質点の振動数を仮定
質点の等速度の速さで，慣性座標系の時計が異なることを指定できる．この速さでは，慣性座標系上に静止していることを仮定したひとつの質点の持つ全エネルギーが異なる．慣性座標系上の質点の持つ全エネルギーが異なることで，その全エネルギー（4.1.2）を量子エネルギー（4.1.13）とする振動数（4.1.11）が異なる．この振動数（4.1.11）には，慣性座標系の等速度の速さが他の同じ値の振動数とは異なる意味を与える．この計算では，その慣性座標系に静止していることを仮定したひとつの質点の持つ全エネルギー（4.1.2）は，その質点内の全エネルギーの和である．このことで，ひとつの質点を質点系として仮定する．その質点系を構成する各質点の持つ全エネルギー（4.1.2）の振動数（4.1.11）および等速度での速さを仮定できる．このことでは，それぞれの全エネルギー（4.1.2）での等速度の速さで指定する慣性座標系の時計を仮定できる．その時計には，全エネルギーの振動数で時計の周期を与えることができる．
$E_{S\_\nu_\text{wave}}\left(v_{S\_\text{masspoint}}\right) = h \cdot \nu_{S\_\nu_\text{wave}} \cdots (4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

我々の体は他の粒子で構成されている．我々の体が静止している慣性座標系 S_1 を仮定すると，その慣性座標系 S_1 上で我々の体を質点として仮定する．慣性座標系 S_1 上で，その質点の持つ全エネルギー（4.1.2）で質点が備える振動数（4.1.11）を仮定できる．その振動数（4.1.11）で周期（4.2.8）を計算して慣性座標系 S_1 上の時計を仮定できる．その時計では，時間を（2.20）で計算できる――6 章でも類似の議論をしている．――.

$$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_\text{wave}(t)}, \left(v_\text{wave}(t) \neq 0\right) \cdots (2.20)$$

さらに，我々の体を構成している物体ごとに質点であるものと仮定した全エネルギー（4.1.2）を計算できることを仮定する．その仮定では，それらの全エネルギー（4.1.2）が存在する慣性座標系をそれぞれ仮定することで各質点の備える振動数（4.1.11）で周期（4.2.8）を計算できる慣性座標系上の時計を仮定できる．その際に，慣性座標系の選択では各質点として扱う物体が静止していることで慣性座標系の速さを選択できる．この計算では，各慣性座標系に時計の周期（4.2.8）が異なるので各慣性座標系に静止する質点の持つ全エネルギー（4.6.9）の増減がそれぞれの時計の振動数で記録できる．そのエネルギーの増減で，各物体の結合および分解を考察できる．

$$T_{S\_\text{wave}} = \frac{1}{\nu_{S\_\nu_\text{wave}}}, \left(\nu_{S\_\nu_\text{wave}} \neq 0\right) \cdots (4.2.8)$$ 質点で説明する波の周期の決定

$$E_{S\_\nu_\text{wave}}(0) = m_{S\_\nu_\text{wave}}(0) \cdot c^2 \cdots (4.6.9)$$

このような考察で，質点の等速度の速さでは慣性座標系を選択でき波の速さでは時計を選択できるものと仮定できる．波の速さは，質点の等速度の速さに関係（4.6.44）を持ち質点の持つ全エネルギー（4.1.2）を記述できる．その全エネルギー（4.1.2）を量子エネルギー（4.1.13）として扱えることで振動数（4.1.11）を指定できる．その振動数（4.1.11）

から周期 (4.2.8) を計算でき時計を仮定できる．その時計から時間 (2.20) を計算できる．質点の等速度の速さは (4.4.39) では真空中の光の速さを超えない．質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは（4.4.40）では真空中の光の速さ以上である．波の速さが無限大の速さである場合でも，振動数（4.6.16）は（4.1.10）を満足して収束する．

$$v_{S\_\text{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\text{wave}}(t)=\frac{E_{S\_v_\text{wave}}(v_{S\_\text{masspoint}})}{m_{S\_v_\text{wave}}(v_{S\_\text{masspoint}})},(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.6.44)$$

$$v_{S\_\text{masspoint}}(t)\leq c,(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.39)$$

$$v_{S\_\text{wave}}(t)\geq c,(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.40)$$

$$\lim_{v_{S\_\text{masspoint}}\to 0}\nu_{S\_v_\text{wave}}(v_{S\_\text{masspoint}})=\frac{m_{0S\_\text{masspoint}}\cdot c^2}{h}\cdots(4.6.16)$$

$$\nu_{S\_v_\text{wave}}=\nu_{S\_c}\cdots(4.1.10)\text{質点の振動数を仮定}$$

4.7　群速度および質点の等速度の速さ[11),12)]

質点の備える振動数（4.1.11）の波の速さおよび質点の等速度の速さは，群速度（4.7.1）で説明できる．群速度（4.7.1）を計算することで，質点の等速度の速さが導出できる．

$$\nu_{S\_v_\text{wave}}=\frac{m_{S\_v_\text{wave}}(v_{S\_\text{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)\text{質点で説明する波の振動数の決定}$$

$$v_\text{group velocity}=\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_v_\text{wave}}}{\mathrm{d}\kappa_{S\_\text{wave}}}\cdots(4.7.1)\text{群速度}$$

４章７節では，その導出を説明する．群速度（4.7.1）の右辺では，振動数および波数を記述している．群速度（4.7.1）には振動数（4.1.11）および波数（4.7.2）で計算する．

$$\kappa_{S\_\text{wave}}=\frac{1}{\lambda_{S\_\text{wave}}},(\lambda_{S\_\text{wave}}\neq 0)\cdots(4.7.2)$$

質点が備える振動数（4.1.11）の波長（4.4.17）で波数（4.7.2）を記述する．波長（4.4.17）および振動数（4.1.11）は振動数（4.1.14）を満足する．

$$\lambda_{S\_\text{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{(m_{0S\_\text{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_\text{wave}}(v_{S\_\text{masspoint}}))^2}}},(v_{S\_\text{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.17)$$

$$\nu_{S\_v_\text{wave}}=\frac{v_{S\_\text{wave}}(t)}{\lambda_{S\_\text{wave}}}\cdots(4.1.14)\text{質点で説明する波の振動数の定義}$$

振動数（4.1.14）の右辺には波の速さを記述している．一方，振動数（4.1.11）の右辺には質点の等速度の速さを記述している．質点の波の速さは，振動数（4.1.14）および波長（4.4.17）との関係を説明できる．この関係では，波長（4.4.17）の右辺に質点の等速度の速さが記述されている．質点の等速度の速さは，慣性質量（4.1.1）の独立変数として使用されている．

$$m_{S\_v_\text{wave}}(v_{S\_\text{masspoint}})\cdots(4.1.1)\text{質点の慣性質量}$$

アインシュタインの特殊相対性理論で，著者が独自に定義した静止質量（4.1）を使用すると静止質量（4.6.7）を記述できる．静止質量（4.6.7）の右辺に慣性質量（4.1.1）を記述している．

$$m_0 \equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\le v\le c)\cdots(4.1)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}},\left(0\le v_{S\_\mathrm{masspoint}}\le c\right)\cdots(4.6.7)$$

慣性質量の定義は，２０１５年現在までの著者の見識では特殊相対性理論で与えられないものと考えている．特殊相対性理論では，電磁気力を扱う理論であり重力を説明できない．このことは，万有引力の法則を特殊相対性理論で導出できない問題が生じる．ニュートン力学の運動方程式を使用して万有引力の法則は導出できる．このことでは，慣性質量および重力質量の等価性の問題を考える．アインシュタイン博士の論文——文献１２——では，慣性質量および重力質量は等しいことを説明している．慣性質量（4.1.1）はアインシュタインの特殊相対性理論で関数であることが導出された．この慣性質量は，ニュートン力学の定数である慣性質量とは等しくない．さらに，重力を計算していない．このことでは，万有引力の法則を記述できない．電磁場を仮定しているので，重力理論の重力質量とも説明できない．質量の定義は，２０１５年現在の４つの力——電磁気力，重力，強い力および弱い力のこと．——で各力の理論およびすべての力の統一理論で満足するものであるか証明を求めるものであると２０１５年現在の著者は考える．このようなことで，（4.1.1）の定義は与えないで静止質量（4.1）を定義する際に慣性質量（4.2）を仮定したものである．

$$m(v),(0\le v\le c)\cdots(4.2)$$

アインシュタインの一般相対性理論では，重力は加速度で説明する．このことで，使用する座標系は加速度運動する座標系である．慣性質量（4.1.1）では，慣性座標系上での計算である．慣性座標系の速さを加速度運動する質点の各時点の速さに対応させることで加速度座標系上に慣性座標系を仮定した考察ができる．この方法では，等速度運動する質点を仮定している．振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）では，等速度運動する質点を仮定して質点および波の２重性を説明する．

２重性での波は，振動数および波長が質点の等速度の速さを独立変数とするので振動数の関数（4.7.1）は波数（4.7.2）を独立変数で記述できる．質点の等速度の速さが変化することで，振動数および波長が変化する．振動数には，振動数の微分係数を仮定して（4.7.3）で扱う．振動数の増加分（4.7.3）では，質点の等速度の速さで与える定義区間は実数である．その定義区間での振動数の増加分（4.7.3）の値域は実数である．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}+h_v\right)-\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdot h_v+\alpha\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}};h_v\right)\cdots(4.7.3)$$

振動数の増加分（4.7.3）では，質点の等速度の速さは（4.7.5）で定数とする．振動数の増加分（4.7.3）の独立変数は（4.7.6）であるものと解釈できるが，変数となる部分は（4.7.7）である．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}=\mathrm{const.}\cdots(4.7.5)$$

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}+h_v\cdots(4.7.6)$$

$$h_v\cdots(4.7.7)$$

変数（4.7.7）は質点の等速度の速さの増加分である．この意味では，質点の等速度の速さ（4.7.5）を定数とする実数の点での増加分（4.7.7）を独立変数とする関数（4.7.8）である．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}+h_v\right)=\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)+\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdot h_v+\alpha\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}};h_v\right)\cdots(4.7.8)$$

振動数（4.7.8）の右辺には関数$\alpha\left(v_{S_\mathrm{masspoint}};h_v\right)$（4.7.9）を記述した．関数（4.7.9）は極限値（4.7.10）を計算できる．関数（4.7.9）の極限値（4.7.10）は（4.7.11）になる．

$$\alpha\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}};h_v\right) \equiv \left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}+h_v\right)-\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)-\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdot h_v \cdots (4.7.9)$$

$$\lim_{h_v\to 0}\alpha\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}};h_v\right)=\lim_{h_v\to 0}\left\{\left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}+h_v\right)-\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)-\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdot h_v\right\}\cdots (4.7.10)$$

$$\lim_{h_v\to 0}\alpha\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}};h_v\right)=0\cdots (4.7.11)$$

振動数の関数（4.7.8）が振動数の微分係数を使用して記述できる．このことで，振動数（4.1.11）の右辺の質点の持つ全エネルギーの変化率（4.7.12）は（4.7.7）を独立変数とする微分の商である．振動数の微分（4.7.13）は，質点の等速度の速さの微分である増加分（4.7.14）を独立変数とする線形関数である．質点の等速度の速さ（4.7.5）を定数とする実数の点での線形関数（4.7.13）の係数は，（4.7.12）である．質点の等速度の速さ（4.7.5）での振動数（4.1.11）の接線の傾きである微分係数が仮定できる．その接線の傾きである微分係数（4.7.12）の右辺には，慣性質量の変化率を記述している．このことは，質点の全エネルギーの変化率を説明する．

$$\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{c^2}{h}\cdot\frac{\mathrm{d}m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdots (4.7.12)$$

$$\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(h_v\right)=\frac{c^2}{h}\cdot\frac{\mathrm{d}m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdot h_v\cdots (4.7.13)$$

$$\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}\left(h_v\right)=h_v\cdots (4.7.14)$$

質点が等速度運動していることでは，その質点の持つ全エネルギーの変化が振動数の微分係数で仮定されてしまう．この仮定で，質点のエネルギーの変化が予言でき質点の等速度の速さが変化するグラフを描くことができる．そのグラフの速度の変化が有ることで運動の変化を予言できる．質点の運動の変化を相殺するように波は質点の等速度の速さで全エネルギーを保つことを仮定できる．（4.7.13）の増加分（4.7.6）の近傍で全エネルギーの変化分を相殺することを仮定できる．その相殺では，質点の備える振動数（4.1.11）の近傍での無数の波が生じていることを仮定できる．

質点が備える振動数（4.1.11）の近傍で生じる無数の波で，振動数（4.1.11）の変化率が（4.7.12）で決定することを仮定できる．無数の波の振動数は，振動数の変化率（4.7.12）の近傍に含まれる振動数の増加分での振動数（4.7.8）の近傍の値で仮定している．振動数（4.7.8）で記述できる場合では，質点の等速度の速さは実数値の定数である．無数の波の振動数の変化は，振動数（4.7.8）の微分係数の変化（4.7.12）を仮定できる．質点の等速度の速さが定数であるので，微分係数（4.7.12）は定数である．微分係数（4.7.12）の変化は，質点の等速度の速さが変化することを仮定できる．このような微分係数（4.7.12）の変化の説明では，他の慣性座標系との相対性での振動数の変換を説明しているものではない．２重性の波の変化から質点の等速度の速さの増減を観測できる理論の研究を目的とする考察である．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

質点の備える振動数（4.1.11）が変化することでは，その波の波長も変化することは（4.1.14）でも仮定できる．波長（4.4.17）では，質点の等速度の速さが独立変数になっているものと仮定できる．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}\cdots (4.1.14)$$ 質点で説明する波の振動数の定義

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

このことでは，波数（4.7.2）が変化することを質点の等速度の速さを独立変数とする関数で仮定できる．質点の等速度の速さを独立変数とする振動数および波数での微分係数である群速度（4.7.1）に合成関数の微分法を使用する．このことから群速度（4.7.1）は（4.7.15）で記述できる．

$$\kappa_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{1}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}},\left(\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\neq 0\right)\cdots(4.7.2)$$

$$v_{\mathrm{group\ velocity}}=\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}\cdots(4.7.1)\text{群速度}$$

$$v_{\mathrm{group\ velocity}}=\frac{\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}{\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}\cdots(4.7.15)$$

――質点の速さを独立変数とする振動数および波数の関数の導出――

質点が備える振動数（4.1.11）を書き直すことで群速度を計算する振動数の関数を導出する．特殊相対性理論では慣性質量（4.1.1）は（4.4.31）で記述できる．慣性質量（4.4.31）を振動数（4.1.11）の右辺に代入すると，（4.7.16）を記述できる．振動数（4.7.16）の右辺を（4.7.17）のように書き直す．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)\text{質点で説明する波の振動数の決定}$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdots(4.1.1)\text{質点の慣性質量}$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}},\left(0<v_{S\_\mathrm{masspoint}}<c\right)\cdots(4.4.31)$$

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdot\frac{c^2}{h}\cdots(4.7.16)$$

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdot\frac{c}{h}\cdots(4.7.17)$$

（4.7.17）の右辺には運動量（4.6.31）が記述されている．運動量（4.6.31）は，慣性座標系上を真空中の光の速さで等速度運動している光子の運動量である．光子の運動量は波長で（4.4.47）でも記述できる．光子の運動量（4.4.47）の右辺の真空中の光の波長は（4.4.53）に記述している．

$$p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}=m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c,\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.6.31)$$

$$p_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(t)=\frac{h}{\lambda_{S\_c}},\left(c\neq 0\right)\cdots(4.4.47)\text{光子の運動量}$$

$$\nu_{S\_c}=\frac{c}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.4.53)$$

光子の静止質量が零であることで波長（4.4.17）は（4.4.45）で記述できる．波長（4.4.45）は整理すると，（4.4.46）になる．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.17)$$

$$\lambda_{S\_c\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{(0)^2}{(m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(c))^2}}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.45)$$

$$\lambda_{S\_c\mathrm{wave}}=\lambda_{S\_c},(c\neq 0)\cdots(4.4.46)$$

光の波に（4.7.18）が成立する．振動数（4.7.17）の右辺に運動量（4.6.31）を代入すると，（4.7.19）になる．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}=\frac{c}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.7.18)$$

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{p_{0S\_c\mathrm{masspoint}}}{\sqrt{1-\frac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}}\cdot\frac{c}{h}\cdots(4.7.19)$$

振動数（4.7.19）の右辺に運動量（4.4.47）を代入すると，（4.7.20）に記述できる．振動数（4.7.20）の右辺を整理すると，（4.7.21）になる．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{h}{\lambda_{S\_c}\cdot\sqrt{1-\frac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}}\cdot\frac{c}{h}\cdots(4.7.20)$$

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}}\cdot\frac{c}{\lambda_{S\_c}}\cdots(4.7.21)$$

振動数（4.7.21）の右辺に振動数（4.7.18）を代入すると，（4.7.22）になる．（4.7.22）は振動数の変換である．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}}{\sqrt{1-\frac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}}\cdots(4.7.22)$$ 著者が独自に構築している波の理論での振動数の変換

一方，アインシュタインの特殊相対性理論での光の振動数の変換は（4.7.23）である――（4.7.23）は文献８で導出している．――．弧度 θ_{x1} は，慣性座標系 S_1 の x_1 軸と慣性座標系 S_1 の速度ベクトルとの角度である．

$$\nu=\nu_1\times\frac{1+\frac{u}{c}\cdot\cos\theta_{x1}}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\cdots(4.7.23)$$ アインシュタインの特殊相対性理論での光の振動数の変換

余弦が（4.7.24）になることを仮定する．弧度は，慣性座標系 S_1 の x_1 軸と垂直方向になる．余弦（4.7.24）を振動数の変換（4.7.23）の右辺に代入すると（4.7.25）になる．振動数の変換（4.7.25）は（4.7.26）に書き直せる．

$$\cos\theta_{x1}=0,\left(\theta_{x1}=\frac{\pi}{2}\right)\cdots(4.7.24)$$

$$\nu=\nu_1\times\frac{1+\frac{u}{c}\cdot 0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\cdots(4.7.25)$$

$$\nu=\frac{\nu_1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\cdots(4.7.26)$$

振動数の変換（4.7.22）を振動数の変換（4.7.26）と比較をする．(4.7.22）の左辺の振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave}}}$は，慣性座標系Ｓで等速度運動している質点を観測した場合の質点の量子エネルギーの振動数である．(4.7.22)の左辺の振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave}}}$を備える質点が静止する慣性座標系 S_1 を仮定する．慣性座標系 S_1 上に静止する質点が備える振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave}}}$を観測する時間は，慣性座標系Ｓ上の時計である．(4.7.22）の右辺の振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave0}}}$は，慣性座標系Ｓ上で速さが零に限りなく近づく質点を仮定する．慣性座標系 S_1 上で，その質点が静止しているものと仮定できる観測をした場合の質点の量子エネルギーの振動数が$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave0}}}$である．このように仮定することで，次のように計算ができるものとする．慣性座標系Ｓ上の振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave0}}}$の質点は，慣性座標系Ｓ上では等速度運動の速さで移動している．慣性座標系 S_1 上での質点の等速度の速さは，限りなく零に近づくことを仮定している．このように扱うことで，慣性座標系Ｓ上の振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave0}}}$の質点を観測する時間は，慣性座標系 S_1 上に静止している質点の位置に定義して在る時計の時間に等しいものと仮定できる．

質点が等速度運動しているので，その質点が静止する慣性座標系を仮定できる．その慣性座標系 S_1 上で静止している質点の速度ベクトルは零ベクトルである．慣性座標系 S_1 上で，真空中の光子は質点の速度ベクトルに垂直方向に等速度運動していることになる．振動数$\nu_{S_\nu_{\mathrm{wave0}}}$は，慣性座標系 S_1 の時計で観測する．静止質量（4.6.7）は，アインシュタインの特殊相対性理論で著者が独自に定義したものである．特殊相対性理論でのローレンツ変換では静止質量の右辺の慣性質量に掛ける係数――平方根のことである．――は時間の変換であるものと２０１５年現在の著者は解釈する――文献８に説明してある．――．この時間の変換については，５章で考察している．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}},\left(0\le v_{S\_\mathrm{masspoint}}\le c\right)\cdots(4.6.7)$$

ローレンツ変換の（3.12）では係数は（3.13）である．(3.12）を使用すると，ｘ軸成分が定数の場合では（4.7.27）を導出でき（4.7.28）になる．係数（3.13）の平方根が静止質量（4.6.7）の平方根であるものと２０１５年現在の著者は解釈する．(3.12）のｘ軸成分が定数で観測された慣性座標系Ｓ上で真空中の光子の等速度運動する方向を決定することになる．質点の速度ベクトルが零になる場合での慣性座標系 S_1 上で，静止質量を観測した．この場合は，零ベクトルに垂直方向が光子の等速度運動の方向である．慣性座標系Ｓ上ではｙ軸方向がｘ軸方向に等速度運動する質点の運動方向に対して垂直方向になる．このように考えることでは，慣性座標系Ｓ上の真空中の光子が等速度運動する方向はｙ軸方向であるものと仮定できる．この方向は弧度では，(4.7.24）を満足する．慣性座標系Ｓ上でのｙ軸の方向を光子の運動方向にすることでは，時間の変換である（4.7.28）の計算ができる．このことで，振動数の変換（4.7.22）を説明できるものと２０１５年現在の著者は考える．この振動数の変換（4.7.22）を記述でき，著者が独自に構築している波の理論で時間の変換を説明している．慣性座標系 S_1 上で観測できる真空中の光の速さを計算する速度の変換は文献６で導出した．ただし，上述では慣性座標系Ｓ上で等速度運動する質点および静止している質点について考えて，その後に静止している質点は慣性座標系 S_1 上での観測であるものと扱っている．真空中の光は慣性座標系Ｓ上でｙ軸方向に真空中の光

の速さで放出している．その真空中の光の速さを慣性座標系 S_1 上で観測するのに，特殊相対性理論での速度の変換を使用する．

$$t_1 = \gamma \cdot \left(t - \frac{u \cdot x}{c^2} \right) \cdots (3.12)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} (= \text{const.}) \cdots (3.13)$$

$$\Delta t_1 = \gamma \cdot \left(\Delta t - \frac{u \cdot \Delta x}{c^2} \right) \cdots (4.7.27)$$

$$\Delta t_1 = \gamma \cdot \Delta t, (\Delta x = 0) \cdots (4.7.28)$$

振動数（4.7.22）を振動数（4.7.26）と比較する．著者が独自に構築している波の理論での振動数の変換（4.7.22）はアインシュタインの特殊相対性理論を使用して導出した振動数の変換（4.7.26）に等しいものと解釈できる．

質点の運動量は（4.4.19）で質点が備える振動数（4.1.11）の波長を（4.5.1）で記述できる．質点の運動量は（4.3.4）で記述できる．運動量（4.3.4）を波長（4.5.1）の右辺に代入すると，（4.7.29）になる．

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t) = \frac{h}{\lambda_{S\_\text{wave}}}, (v_{S\_\text{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.19)$$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

$$\lambda_{S\_\text{wave}} = \frac{h}{p_{S\_v_{\text{wave}}}(t)}, (v_{S\_\text{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.5.1)$$

$$p_{S\_v_{\text{wave}}}(t) = m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) \cdot v_{S\_\text{masspoint}}(t) \cdots (4.3.4)$$ 質点の運動量

$$\lambda_{S\_\text{wave}} = \frac{h}{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) \cdot v_{S\_\text{masspoint}}} \cdots (4.7.29)$$

波数（4.7.2）の右辺に（4.7.29）を代入すると，（4.7.30）を記述できる．慣性質量（4.4.31）を波数（4.7.30）の右辺に代入すると，（4.7.31）になる．

$$\kappa_{S\_\text{wave}} = \frac{1}{\lambda_{S\_\text{wave}}}, (\lambda_{S\_\text{wave}} \neq 0) \cdots (4.7.2)$$

$$\kappa_{S\_\text{wave}} = \frac{m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) \cdot v_{S\_\text{masspoint}}}{h} \cdots (4.7.30)$$

$$m_{S\_v_{\text{wave}}}(v_{S\_\text{masspoint}}) = \frac{m_{0S\_\text{masspoint}}}{\sqrt{1 - \frac{(v_{S\_\text{masspoint}})^2}{c^2}}}, (v_{S\_\text{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.31)$$

$$\kappa_{S\_\text{wave}} = \frac{m_{0S\_\text{masspoint}}}{\sqrt{1 - \frac{(v_{S\_\text{masspoint}})^2}{c^2}}} \cdot \frac{v_{S\_\text{masspoint}}}{h} \cdots (4.7.31)$$

アインシュタインの特殊相対性理論を使用することで，一般には慣性座標系で伝搬する波の振動数および波数は質点の等速度の速さおよび静止質量で決定する．このことで，ひとつの質点の静止質量は定数であることを仮定するので質点の等速度の速さが独立変数であるものと仮定できる．

――振動数および波数の微分係数の導出――

振動数（4.7.17）は（4.7.32）に記述できる．振動数（4.7.32）の両辺を微分することで，（4.7.33）になる．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdot\frac{c}{h}\cdots(4.7.17)$$

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdot\frac{c}{h}\cdots(4.7.32)$$

$$\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=-\frac{1}{2}\cdot\left(-2\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}}{c^2}\right)\cdot m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\cdot\frac{c}{h}\cdots(4.7.33)$$

（4.7.33）の右辺を整理すると，（4.7.34）を記述できる．群速度の計算では，（4.7.34）を記述する．

$$\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=v_{S\_\mathrm{masspoint}}\cdot\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\cdots(4.7.34)$$

波数（4.7.31）は（4.7.35）で記述できる．波数（4.7.35）の両辺を微分することで，（4.7.36）になる．

$$\kappa_{S\_\mathrm{wave}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdots(4.7.35)$$

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=-\frac{1}{2}\cdot\left(-2\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}}{c^2}\right)\cdot m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}}{h}+\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdot\frac{1}{h}\cdots(4.7.36)$$

（4.7.36）の右辺の第１項は質点の等速度の速さを２乗して記述し，静止質量およびプランク定数で整理する．（4.7.36）の右辺の第２項は静止質量およびプランク定数で整理する．このように整理すると，（4.7.37）を記述できる．

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\cdot\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}+\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\cdots(4.7.37)$$

（4.7.37）の右辺では，第２項が共通部分であるので（4.7.38）のように因数分解できる．（4.7.38）の括弧の中を（4.7.39）のように書き直す．

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\left\{\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-1}+1\right\}\cdots(4.7.38)$$

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\left\{\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\cdot\left(\frac{c^2-\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-1}+1\right\}\cdots(4.7.39)$$

（4.7.39）の括弧の中を（4.7.40）の中括弧ように書き直す．（4.7.40）の中括弧の第１項を（4.7.41）のように整理する．

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\left\{\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\cdot\frac{c^2}{c^2-\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}+1\right\}\cdots(4.7.40)$$

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\left\{\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2-\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}+1\right\}\cdots(4.7.41)$$

(4.7.41) の中括弧の中を (4.7.42) のように書き直す. (4.7.42) の右辺は (4.7.43) に整理できる.

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\cdot\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2+c^2-\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2-\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}\cdots(4.7.42)$$

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\cdot\frac{c^2}{c^2-\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}\cdots(4.7.43)$$

(4.7.43) の右辺を (4.7.44) のように整理すると, 共通部分が有り (4.7.45) のように整理できる. (4.7.45) を群速度の計算に使用する.

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\cdot\frac{1}{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}\cdots(4.7.44)$$

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\cdots(4.7.45)$$

——群速度の計算——

(4.7.35) および (4.7.45) を群速度 (4.7.15) に代入すると (4.7.46) を記述できる. (4.7.46) の分母および分子の共通部分を整理することで (4.7.47) になる. 群速度 (4.7.47) の右辺は質点の等速度の速さである.

$$\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=v_{S\_\mathrm{masspoint}}\cdot\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\cdots(4.7.35)$$

$$\frac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\cdots(4.7.45)$$

$$v_{\mathrm{group\ velocity}}=\frac{\dfrac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}{\dfrac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}\cdots(4.7.15)$$

$$\frac{\dfrac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}{\dfrac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}=\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\cdot\dfrac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\dfrac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}}{\dfrac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{h}\cdot\left(1-\dfrac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}}\cdots(4.7.46)$$

$$\frac{\dfrac{\mathrm{d}\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}{\dfrac{\mathrm{d}\kappa_{S\_\mathrm{wave}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}}=v_{S\_\mathrm{masspoint}}\cdots(4.7.47)$$ 群速度は質点の等速度の速さに等しい

群速度（4.7.47）は（4.7.15）を使用することで，（4.7.48）に記述できる．（4.7.48）では群速度は質点の等速度の速さに等しい．

$v_{\mathrm{groupvelocity}}=v_{S\_\mathrm{masspoint}}\cdots(4.7.48)$

5　時間およびエネルギーの関係 [3), 8), 11), 12)]

５章では，時間およびエネルギーの関係について考察する．円周上で回転し続ける点の移動距離の微分（2.6）の時点（2.3）での近傍で，距離，時間および速さを定義できることを２章で説明した．これらの量は，図 2.1 のような正円の計算で使用する．

$\mathrm{d}l(t)=v_{\mathrm{wave}}(t)\cdot h_t\cdots(2.6)$ 円周上の点の移動距離の微分

$t\cdots(2.3)$

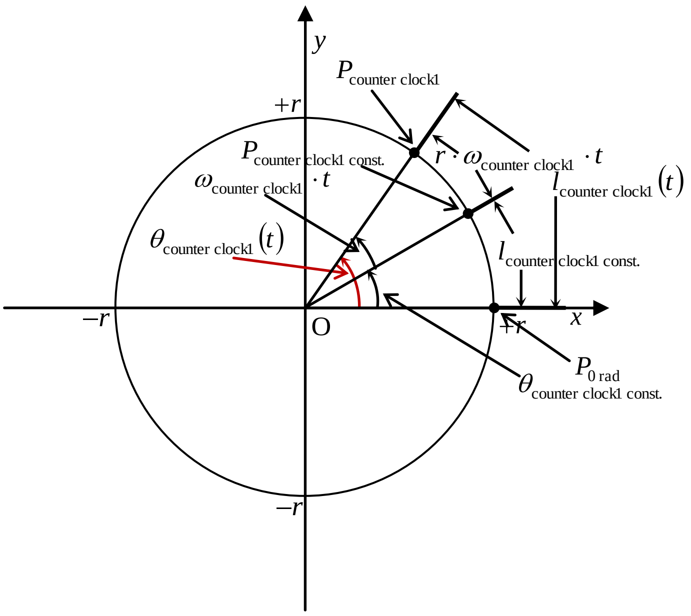

図 2.1　加算での逆時計回りの弧度

$$\theta_{\mathrm{counter\ clockl}}(t)=\omega_{\mathrm{counter\ clockl}}\cdot t+2\cdot\pi\cdot\frac{l_{\mathrm{counter\ clockl\ const.}}}{\lambda_r}$$

著者が独自に構築している波の理論で導出した質点が備える振動数（4.1.11）の右辺で，質点の持つ全エネルギーを記述している．振動数（4.1.11）の左辺では，周期（4.2.8）を説明できる．周期は時間である．振動数（4.1.11）の右辺では，質点の性質である全エネルギーを分子に記述してある．振動数（4.1.11）の右辺の分母は，量子を意味する．このことでは，振動数（4.1.11）を使用して，質点の量子エネルギーを（4.1.13）で記述できる．質点の量子エネルギーでは，エネルギーの量子で説明する．量子エネルギーは慣性座標系で説明するものである．慣性座標系上で質点の等速度の速さを仮定する．この意味では，質点が備える振動数（4.1.11）の右辺では慣性座標系上での説明である．振動数（4.1.11）の左辺では，図 2.1 のような正円の時間である波の周期（4.2.8）の説明である．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$T_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{1}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}},(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\neq 0)\cdots(4.2.8)$$ 質点で説明する波の周期の決定

$$E_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})=h\cdot\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

時間を図 2.1 のような正円で説明するので，図 2.1 のような正円で時計を考えることができる．周期（4.2.8）には周期

（4.2.9）が成立する．周期（4.2.9）の右辺は真空中の光の波の周期である．周期を使用して，より小さな時間を定義できる．その時間――著者が文献３で時間を独自に定義した．――を使用して時点を与えることができる．時間を正円で計算できるが，（4.1.11）では慣性座標系を使用して説明する．慣性座標系の位置情報に時点の情報を加えて４次元の時空をアインシュタインの特殊相対性理論では仮定する．時点の情報は，各位置に仮定した時計を使用する．その時計は，著者が独自に構築している波の理論では図 2.1 のような正円を使用して考える．時計では，正円の円周上を等速で絶え間なく回転し続ける点を仮定する．その正円を時計として点が回転することでは，一般に有限値の点の速さ，円周の長さおよび周期を使用することができる．

$T_{S\_\mathrm{wave}} = T_{S\_c} \cdots (4.2.9)$

慣性座標系上の質点の等速度の速さが限りなく零に近づく場合の波長が（4.6.20）で無限大に発散する．波長の極限値（4.6.20）の場合での質点の波の速さ（4.6.4）は無限大に発散する．振動数の極限値（4.6.18）で有限値に収束する．極限値（4.6.18）では，静止質量は零でないものと仮定することで周期（4.2.8）が有限値になる．

$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \infty, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.20)$ 質点の備える振動数の波の波長が発散

$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} v_{S\_\mathrm{wave}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = \infty, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.4)$

$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) = \frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \cdot c^2}{h}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.18)$

質点の備える振動数（4.1.11）は真空中の光子の振動数に（4.1.10）を仮定している．その光子の運動量（4.6.31）を仮定してある．そのような真空中の光子の運動量（4.6.31）は有限値である．著者が独自に構築している波の理論での質点の運動量は，その質点の波長を使用して（4.4.19）で記述できる．運動量（4.4.19）の右辺に記述した質点の波長は（4.4.17）である．

$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}} = \nu_{S\_c} \cdots (4.1.10)$ 質点の振動数を仮定

$p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}} = m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \cdot c, (m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0, v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.31)$

$p_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(t) = \frac{h}{\lambda_{S\_\mathrm{wave}}}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.19)$ 運動量および質点が備える振動数の波長との関係

$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1 - \frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.4.17)$

質点の振動数の仮定（4.1.10）および真空中の光の波長（4.2.15）を使用すると，波長の極限値（4.6.29）が記述できる．真空中の光の波長（4.6.29）は（4.6.38）になる．真空中の光の波長（4.6.38）は収束している．

$\lambda_{S\_c} = \frac{c}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.2.15)$

$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \frac{c}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}} = \frac{c}{\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \cdot c^2}{h}}, (m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0, v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.29)$

$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \lambda_{S\_c} = \frac{h}{p_{0S\_\mathrm{cmasspoint}}}, (m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0, v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (4.6.38)$ 真空中の光の波長が収束

真空中の光の波長（4.2.15），振動数（4.1.10）および真空中の光の速さが有限値である．これらの有限値を使用し

て図 2.1 のような正円で時計を仮定できる．アインシュタインの特殊相対性理論でも真空中の光を使用して時計を考えることは文献８で説明してある．図 2.1 のような正円では，振動数は（4.6.18）で収束する．この意味では，波長および波の速さには関係なく時間を計算できる．計算の便宜では，有限値の値で計算する方が好まれるだろう．デジタル計算機では使用する桁が増えることで多くの計算時間および記憶装置を使用することは一般的な話であろう．２００６年現在の第８版での表示の SI の時間の単位 second の定義もセシウム（caesium）１３３原子のエネルギー放射の周期を使用している．このように，著者が独自に構築している波の理論でなくてもエネルギーで時計を考えることが有る．

時間の変化で質点のエネルギーの変化を説明できる．アインシュタインの特殊相対性理論で，著者が独自に定義した静止質量（4.1）を使用して説明できる．静止質量（4.1）の右辺には時点の変化率（5.1）を記述しているものと２０１５年現在の著者は解釈する．静止質量（4.1）では，慣性座標系 S 上で慣性質量（4.2）を仮定できる質点が等速度運動しているものと仮定できる．慣性座標系 S_1 上では，等速度運動している質点は静止していることになる．

$$m_0 \equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\le v\le c)\cdots(4.1)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

$$m(v),(0\le v\le c)\cdots(4.2)$$

ローレンツ変換（3.9）～（3.12）の時点の変換は（3.12）である．時点の変換（3.12）では係数は（3.13）である．

$$x_1=\gamma\cdot(x-u\cdot t)\cdots(3.9)$$

$$y_1=y\cdots(3.10)$$

$$z_1=z\cdots(3.11)$$

$$t_1=\gamma\cdot\left(t-\frac{u\cdot x}{c^2}\right)\cdots(3.12)$$

$$\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}(=\mathrm{const.})\cdots(3.13)$$

ローレンツ変換の定義区間は（3.18）であり，慣性座標系の速さで定義している．慣性座標系の向きが（3.18）の符号で示されている．この場合では，係数は（3.19）の範囲で収束する．

$$-c<u<c\cdots(3.18)$$

$$1\le\gamma<\infty\cdots(3.19)$$

質点が等速度運動しているので，慣性座標系 S 上の位置情報では x 軸の成分の等速度の成分は (5.2) で記述できる．時点の変換（3.12）の微分係数を（5.3）で記述できる．

$$\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}=u\cdots(5.2)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\gamma\cdot\left(1-\frac{u\cdot\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}}{c^2}\right)\cdots(5.3)$$

微分係数（5.3）の右辺に（5.2）を代入すると（5.4）を記述できる．微分係数（5.4）の右辺に係数（3.13）を代入すると，（5.5）を記述できる．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\gamma\cdot\left(1-\frac{u^2}{c^2}\right)\cdots(5.4)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\cdots(5.5)$$

ここで，慣性座標系 S 上での質点の等速度の速さは（5.6）である．質点の等速度の速さ（5.6）を微分係数（5.5）に代入すると，質点の等速度の変化率（5.1）を記述できる．

$$v(t)=u\cdots(5.6)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

アインシュタインの特殊相対性理論で著者が導出した質量の変換は（5.7）である――質量の変換は文献８で導出している．――．質量の変換（5.7）の左辺は慣性座標系 S 上での質点の慣性質量である．質量の変換（5.7）の右辺は慣性座標系 S_1 上での質点の慣性質量および x_1 軸上の速度の成分である．(5.7) ではローレンツ変換を仮定している．

$$m=\frac{m_1\cdot\left(1+\dfrac{u\cdot v_{x1}}{c^2}\right)}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}\cdots(5.7)$$

ここの議論では，慣性座標系 S 上の質点の慣性質量は（4.2）である．慣性座標系 S_1 上では静止質量（4.1）の左辺である．

$$m(v),(0\le v\le c)\cdots(4.2)$$

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\le v\le c)\cdots(4.1)$$

慣性座標系 S_1 上で質点が静止しているので（5.8）を記述できる．(5.8) を質量の変換（5.7）の右辺に代入すると，慣性質量（5.9）になる．慣性質量（5.9）の右辺に（5.6）の左辺を代入すると，慣性質量（5.10）を記述できる．慣性質量（5.10）を書き直すと，静止質量（4.1）になる．

$$v_{x1}=0\cdots(5.8)$$

$$m=\frac{m_1}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}\cdots(5.9)$$

$$m(v)=\frac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{(v(t))^2}{c^2}}}\cdots(5.10)$$

質量の変換（5.7）の分母はローレンツ変換の係数（3.13）が残ったものである．このことは質量の変換（5.7）を導出する際に明らかである．時点の変化率（5.1）は（4.1）の右辺に記述されていることを説明できる根拠の１つである．

観測する質量が慣性座標系で異なることは，各慣性座標系で観測できる質点の持つ全エネルギーが異なることになる．ここでは，時点の変化率（5.1）で観測するエネルギーが異なる．時間がエネルギーの変化を説明している．振動数（4.1.11）でも左辺の振動数で時間を意味し，右辺の質点の持つ全エネルギーで量子でのエネルギーの変化を時間で説明している．振動数（4.1.11）でのエネルギーの変化率で振動数の変化率を説明する微分係数は（4.7.12）である．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

$$\frac{\mathrm{d}\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}=\frac{c^2}{h}\cdot\frac{\mathrm{d}m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}{\mathrm{d}v_{S\_\mathrm{masspoint}}}\cdots(4.7.12)$$

（4.7.12）の右辺に記述してある質点の等速度の速さでは，慣性座標系の位置情報の時間に対する変化率を記述する．このことで，振動数（4.1.11）の左辺の振動数は質点の等速度の速さを独立変数にする関数である．この振動数の関数では，正円での時計の周期を慣性座標系の等速度運動する質点の位置情報で説明している．慣性座標系上では，時計を座標で記述できる各位置に定義している．

図 2.1 のような正円の時計では，真空中の光の速さを使用して時間を計算できる．真空中の光の速さ（4.6.43）は，慣性座標系上の質点の持つ全エネルギーおよび慣性質量を質点の等速度の速さで決定するものと解釈できる．

$$c=\sqrt{\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}},(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\neq 0)\cdots(4.6.43)$$

アインシュタインの特殊相対性理論では，質点の等速度の速さおよび真空中の光の速さの関係は（4.3.28）で記述できる．（4.3.28）では，静止質量を記述している．

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}=\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})}\right)^2}\cdots(4.3.28)$$ 質点の速さおよび真空中の光の速さの関係式

質点の等速度の速さは，振動数（4.1.11）の単位時間で定数である静止質量および真空中の光の速さを質点の持つ全エネルギーに保ち慣性座標系上を移動する距離である，ものと２０１５年現在の著者は考える．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

真空中の光の周期（2.20）で時間を計算できる．（2.20）の右辺での真空中の光の速さでは，等速度運動する質点の持つ全エネルギーおよび慣性質量（4.2）を（4.6.43）で決定する．（2.20）の右辺での真空中の光の波長では，図 2.1 のような正円で考える時計を区別できる．真空中の光の速さは，すべての慣性座標系上で等しい．このことで，時計の周期が異なることで真空中の光の波長が異なることを（2.20）では説明できる．この意味では，真空中の光の周期（2.20）が決定することで等速度運動する質点の慣性質量，全エネルギーおよび真空中の光の波長を決定する．時間を計算するのに扱う真空中の光の周期（2.20）は，質点が備える振動数（4.1.11）を使用して（4.2.8）で記述できる．

$$T_c=\frac{\lambda_c}{c}\,\mathrm{s}\cdots(2.20)$$

$$T_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{1}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}},(\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\neq 0)\cdots(4.2.8)$$ 質点で説明する波の周期の決定

時間は，真空中の光の速さに対して慣性質量および定数である静止質量を保ち真空中の光の波長を決定する，ものと２０１５年現在の著者は（2.20），（4.1.11），（4.3.28）および（4.4.17）で考える．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{(m_{0S\_\mathrm{masspoint}})^2}{(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}))^2}}},(v_{S\_masspoint}\neq 0)\cdots(4.4.17)$$

質点の質量は，質点の持つ全エネルギー（4.1.2）を記述する唯一の変数である．質点の慣性質量および全エネル

ギーは，真空中の光の速さ（4.6.43）で決定する．ただし，(4.6.43）では，慣性質量は零にはならない場合である．慣性質量が零になる場合では，真空中の光子の静止質量が零になる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$c=\sqrt{\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}},\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\neq 0\right)\cdots(4.6.43)$$

著者が独自に定義した静止質量（4.6.7）は慣性質量である．質点が真空中の光の速さで等速度運動する場合は，静止質量（4.6.7）は（5.11）に記述できる．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}},\left(0\leq v_{S\_\mathrm{masspoint}}\leq c\right)\cdots(4.6.7)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)\cdot\sqrt{1-\frac{(c)^2}{c^2}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}=c\right)\cdots(5.11)$$

静止質量（5.11）の右辺の時点の変化率（5.1）は，零である．このことで，静止質量（5.12）を記述できる．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)\cdot 0,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}=c\right)\cdots(5.12)$$

静止質量(5.12)の右辺を整理すると,(4.6.39)になる.慣性座標系S上を等速度運動している質点の静止質量(5.12)は零になる．慣性座標系S上を質点が真空中の光の速さで等速度運動する場合は，慣性座標系 S_1 は質点の等速度運動では移動できない．このことで，慣性座標系 S_1 は存在しないことになる．真空中の光の速さで等速度運動している質点の静止質量は零である．真空中の光子の静止質量は零である．一方，真空中の光の速さで等速度運動する光子の慣性質量は（5.13）で記述できる．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=0\cdots(4.6.39)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)}{c^2}\cdots(5.13)$$

質点の等速度の速さおよび真空中の光の関係は（4.3.28）で記述できる．真空中の光の速さを使用して，(4.3.28）の右辺は，全エネルギー（4.1.2）で書き直すと（5.14）になる．

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}=\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\right)^2}\cdots(4.3.28)$$

$$\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\right)^2}=\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\cdot c^2}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}\right)^2}\cdots(5.14)$$

全エネルギー（4.1.2）は量子エネルギー（4.1.13）であるものと（4.1.7）に仮定している．(4.1.10）を仮定しているので，（5.14）の右辺は（5.15）に書き直すことができる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の全エネルギー

$$E_S(c)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2=h\cdot\nu_{S\_c}\cdots(4.1.7)$$ 仮定

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \nu_{S\_c} \cdots (4.1.10)$ 質点の振動数を仮定

$$\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \cdot c^2}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2}\right)^2} = \sqrt{1-\left(\frac{h \cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{h \cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2} \cdots (5.15)$$

（5.15）の右辺にはプランク定数（2.17）を整理すると，（5.16）になる．（4.3.28）の右辺は（5.17）および（5.18）で記述できる．

$h = 6.62606896 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s} \cdots (2.17)$ プランク定数

$$\sqrt{1-\left(\frac{h \cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{h \cdot \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2} = \sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2} \cdots (5.16)$$

$$\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_masspoint}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_masspoint}\right)}\right)^2} = \sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2} \cdots (5.17)$$

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c} = \sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2} \cdots (5.18)$$

質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長は（4.4.17）で記述できる．波長（4.4.17）の右辺には（5.17）の左辺が記述されている．波長（4.4.17）の右辺に（5.17）の右辺を代入すると，（5.19）になる．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}}, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (4.4.17)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{\lambda_{S\_\mathrm{c}}}{\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2}}, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (5.19)$$

質点が備える振動数（4.1.11）で質点の等速度の速さが真空中の光の速さに限りなく近づく場合は，振動数（5.20）の極限値を記述できる．振動数（4.1.11）で質点の等速度の速さが零に限りなく近づく場合は，振動数（4.6.18）の極限値を記述できる．質点の静止質量が零の場合には，質点が備える振動数の極限値は（5.21）である．真空中の光子は，真空中の光の速さで等速度運動する場合には振動数（5.20）の右辺を備える．真空中の光子の備える振動数は，静止している場合では振動数（5.21）の右辺の値である．

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \dfrac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to c} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c) \cdot c^2}{h}, \left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = 0\right) \cdots (5.20)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = \frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}} \cdot c^2}{h}, \left(v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0\right) \cdots (4.6.18)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}} \to 0} \nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right) = 0, \left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = 0\right) \cdots (5.21)$$

波長（4.4.17）で質点の等速度の速さが真空中の光の速さに限りなく近づく場合は，極限値（5.22）に記述できる．静止質量が零の場合では，波長の極限値（5.22）は（5.23）になる．極限値（5.23）の右辺は整理すると，（5.24）を記述できる．質点が備える振動数（4.1.11）の波の波長は，真空中の光の波の波長に収束することを極限値（5.24）で説明している．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to c}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)\right)^2}}}\cdots(5.22)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to c}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{(0)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)\right)^2}}}\cdots(5.23)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to c}\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\lambda_{S\_c}\cdots(5.24)$$

質点の等速度の速さおよび質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは，（4.4.24）のように真空中の光の速さに関係を記述できる．（4.4.24）を書き直すと，（4.5.9）で質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さを記述できる．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c^2,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.24)$$

$$\frac{c^2}{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}=v_{S\_\mathrm{wave}}(t),\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.5.9)$$

波の速さ（4.5.9）の左辺を書き直すと，（5.25）を記述できる．波の速さ（5.25）の右辺には，（4.3.28）の左辺が記述されている．波の速さ（5.25）の右辺に（4.3.28）の右辺を代入すると，（5.26）を記述できる．

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=\frac{c}{\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(5.25)$$

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}=\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\right)^2}\cdots(4.3.28)$$

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=\frac{c}{\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\right)^2}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(5.26)$$

波の速さ（5.26）の右辺に（5.17）の右辺を代入すると，（5.27）になる．波の速さ（5.27）は振動数が変数となる．質点が仮定できると，その質点の静止質量は定数で与える．このことでは，静止質量を観測する慣性座標系 S_1 上での振動数は（5.28）で記述できる．静止質量が零である場合では，振動数（5.28）の右辺は（5.29）で記述できる．波の速さ（5.27）の右辺で独立変数と扱えるものは，慣性座標系 S 上での等速度運動している質点が備える振動数（4.1.11）である．

$$\sqrt{1-\left(\frac{m_{0S\_\mathrm{masspoint}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}\right)^2}=\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}0}}}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\right)^2}\cdots(5.17)$$

$$v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=\frac{c}{\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(5.27)$$

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0)\cdot c^2}{h}\cdots(5.28)$ 静止質量の観測を仮定した慣性座標系上での真空中の光の波の振動数

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}=0\cdots(5.29)$

質点の等速度の速さが真空中の光の速さに限りなく近づく場合は，波の速さ（5.27）の極限値（5.30）を記述できる．波の速さ（5.27）の極限値（5.30）の右辺に振動数（5.29）を代入すると，（5.31）になる．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to c}v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to c}\frac{c}{\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(5.30)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{masspoint}}\to c}v_{S\_\mathrm{wave}}(t)=c\cdots(5.31)$$

質点の等速度の速さの限界が真空中の光の速さであることは，（4.4.39）で説明できる．質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは，（4.4.40）で真空中の光の速さ以上であることを説明できる．波の速さでは，群速度で仮定する波の群れに質点が備える振動数（4.1.11）の近傍での無数の波を仮定することで，各波の速さをそれぞれ計算することになる．

$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\leq c,(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.39)$

$v_{S\_\mathrm{wave}}(t)\geq c,(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.40)$

真空中の光の速さに質点の等速度の速さが限りなく近づくことは，質点の速さが増加していくことを一般に仮定できる．一方，質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さが真空中の光の速さに限りなく近づくことでは，波の速さが減速していくことを一般に仮定できる．

慣性座標系 S_1 で観測した静止している質点が備える振動数（5.28）および慣性座標系 S 上で観測した等速度運動している質点の振動数（4.1.11）との関係は振動数の変換（4.7.22）で記述できる．振動数の変換（4.7.22）を書き直すと，（5.32）になる．

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0)\cdot c^2}{h}\cdots(5.28)$ 慣性座標系 S_1 上で観測した真空中の光の波の振動数

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}}{\sqrt{1-\frac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}}\cdots(4.7.22)$ 著者が独自に構築している波の理論での振動数の変換

$$\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}0}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}=\sqrt{1-\frac{(v_{S\_\mathrm{masspoint}})^2}{c^2}}\cdots(5.32)$$

（5.32）の右辺は時点の変化率（5.1）の右辺に等しい．時点の変化率（5.1）の右辺に（5.32）の左辺を代入すると、（5.33）になる．時点の変換（5.33）は，質点の慣性質量（4.2）の振動数（4.1.11）に対する静止質量（4.1）の振動数（5.28）で与えられる．時点の変化率（5.33）の右辺の分子は，慣性座標系 S_1 上で観測した真空中の光の波の振動数である．時点の変化率（5.33）の右辺の分母は，慣性座標系 S 上で観測した真空中の光の波の振動数である．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\frac{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\cdots(5.33)$$

慣性座標系Ｓ上で質点が等速度運動している．その質点の等速度で運動する慣性座標系S_1上では，その質点が静止している．慣性質量（4.2）が決定することで，その質点が備える振動数（4.1.11）が決定する．慣性座標系Ｓ上で観測する慣性質量（4.2）の静止質量（4.1）は，慣性座標系S_1上で観測する．慣性座標系Ｓ上で静止した場合の静止質量（4.1）は，慣性座標系Ｓ上で等速度運動している質点の静止質量である．その等速度運動している質点が静止している慣性座標系は慣性座標系 S_1である．このように計算できるので，質点が備える振動数（5.28）は慣性座標系 S_1上で観測する真空中の光の振動数である．

$$m(v),(0\le v\le c)\cdots(4.2)$$

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}})\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$質点で説明する波の振動数の決定

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\le v\le c)\cdots(4.1)$$

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}=\frac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}(0)\cdot c^2}{h}\cdots(5.28)$$

波長の変換（5.19）は（5.34）に書き直すことができる．波長の変換（5.34）の右辺に真空中の光の速さに対する質点の等速度の速さの割合（5.18）を代入すると，（5.35）を記述できる．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_\mathrm{c}}}{\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\right)^2}},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\ne 0)\cdots(5.19)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{c}}=\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\right)^2},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\ne 0)\cdots(5.34)$$

$$\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}=\sqrt{1-\left(\frac{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\right)^2}\cdots(5.18)$$

$$\lambda_{S\_\mathrm{c}}=\lambda_{S\_\mathrm{wave}}\cdot\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\ne 0)\cdots(5.35)$$波長の変換

慣性座標系Ｓで観測する等速度運動する質点の波長（5.35）は，慣性座標系Ｓで観測する振動数（4.1.11）である真空中の光の波長に応じる，ものと２０１５年現在の著者は考える．

質点の備える振動数（4.1.11）の波長には（4.1.15）が成立する．真空中の光の波長には（4.2.14）および（4.2.15）が成立する．波の関係式である（4.1.15），（4.2.14）および（4.2.15）を使用すると，波長の変換（5.35）を波の速さの変換（5.36）に書き直すことができる．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}}\cdots(4.1.15)$$質点で説明する波の波長の決定

$$\lambda_{S\_c} = \frac{c}{v_{S\_c}} \cdots (4.2.14)$$

$$\lambda_{S\_c} = \frac{c}{v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}} \cdots (4.2.15)$$

$$c = v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \cdot \frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \neq 0) \cdots (5.36)$$ 波の速さの変換

慣性座標系Ｓで観測する等速度運動する質点の波の速さ $v_{S\_\mathrm{wave}}(t)$ は，慣性座標系Ｓで観測する振動数（4.1.11）である真空中の光の速さに応じる，ものと２０１５年現在の著者は考える．

慣性座標系Ｓ上の時間に対して質点が等速度の速さ $v(t)$ で移動することで，その質点が静止する慣性座標系 S_1 上での時点の変化率が (5.1) の右辺で記述できる．慣性座標系Ｓ上に質点が静止する場合では，時点の変化率 (5.1) の右辺は (5.37) で記述できる．時点の変化率（5.37）を整理すると，（5.38）を記述できる．時点の変化率（5.38）では，慣性座標系Ｓ上での時計の時点のみで時点の微分係数を計算するので時点の変化率は１になる．時点の変化率 (5.38) は時点の微分 (5.39) に書き直すことができる．慣性座標系Ｓ上での時間は，同期がとられておりすべて等しいことを (5.39) で記述している．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = \sqrt{1 - \frac{(v(t))^2}{c^2}} \cdots (5.1)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = \sqrt{1 - \frac{(0)^2}{c^2}} \cdots (5.37)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = 1 \cdots (5.38)$$

$$\mathrm{d}t_1(t) = \mathrm{d}t \cdots (5.39)$$

慣性座標系Ｓ上で質点の等速度の速さが真空中の光の速さに等しくなる場合は，時点の変化率（5.1）は（5.40）で記述できる．時点の変化率（5.40）の右辺は，（5.41）で記述できる．時点の変化率（5.41）は零である．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = \sqrt{1 - \frac{(c)^2}{c^2}}, (v(t) = c) \cdots (5.40)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = 0, (v(t) = c) \cdots (5.41)$$

ローレンツ変換の定義区間は，（3.18）である．慣性座標系Ｓ上で観測している質点の等速度の速さは慣性座標系 S_1 の等速度の速さであることを（5.6）で記述している．慣性座標系Ｓ上で質点が真空中の光の速さに達することは，その質点は真空中の光子と同じ速さで移動する．特殊相対性理論の慣性座標系には，光速不変の原理が成立する．すべての慣性座標系上で，その質点の速さは真空中の光の速さで観測できる．

$$-c < u < c \cdots (3.18)$$

$$v(t) = u \cdots (5.6)$$

慣性座標系Ｓ上では真空中の光の速さで観測できるので，時空の位置情報および時点は定義できる．真空中の光の速さで移動する質点の静止質量 (4.1) は (4.6.39) である．質点の全エネルギー (4.6.9) を記述する慣性質量 (4.6.11) が静止質量（4.6.39）の零である．静止質量（4.6.39）の場合の質点の全エネルギー（5.42）は零になる．静止質量の全エネルギー（5.42）が零であることで，物体を結合しているエネルギーは零であるものと扱うことができる．物体が他の物体との一切の結合をしないで全エネルギーが零であることは，その物体の存在を否定できる，ことを２０１５年現在の著者は考える．

$m_0 \equiv m(v) \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}, (0 \le v \le c) \cdots (4.1)$

$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = 0 \cdots (4.6.39)$

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0) = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0) \cdot c^2 \cdots (4.6.9)$

$m_{0S\_\mathrm{masspoint}} = m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0), (0 \le v_{S\_\mathrm{masspoint}} \le c) \cdots (4.6.11)$

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0) = 0 \cdots (5.42)$

質点が静止することでは，波の速さ（4.5.9）は定義できない．このことでは，時間（2.20）は定義できない．時間（2.20）が定義できないことでは，距離の微分（2.6）は記述できない．

$\frac{c^2}{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)} = v_{S\_\mathrm{wave}}(t), (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \ne 0) \cdots (4.5.9)$

$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, (v_{\mathrm{wave}}(t) \ne 0) \cdots\cdot (2.20)$

$\mathrm{d}l(t) = v_{\mathrm{wave}}(t) \cdot h_t \cdots (2.6)$

波の速さ（4.5.9）が定義できず，時間（2.20）および距離（2.6）を与えることができない．時間および距離を定義できないことでは，速さを記述できない．著者が独自に定義した時間では次のように２０１５年現在の著者は扱う．時間，距離および波の速さを慣性座標系 S_1 上に静止している質点に定義できない．その時点（2.3）を観測できる慣性座標系を仮定する．質点が備えている振動数（4.1.11）は，その質点が在る慣性座標系に定義した時間，距離および波の速さを使用して観測する．質点は，時間，距離および波の速さを定義する対象ではない．慣性座標系上の質点の運動を使用して，その慣性座標系の時間，距離および波の速さを定義する．

$t \cdots (2.3)$

時点の変化率（5.41）の零は，時間（5.42）が零である．時間が零であることは，時点が未来に向かって進まないことになる．時点が過去に向かって遡らないことでもある．このことでは，その慣性座標系上で真空中の光の速さの光子の移動を観測できない．これは，光速不変の原理に反するので，アインシュタインの特殊相対性理論では受け入れられないことになる．その慣性座標系を定義できない．さらに，その慣性座標系上での時間，距離および速さの定義も不可能である．

$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = 0, (v(t) = c) \cdots (5.41)$

$\mathrm{d}t_1(t) = 0, (v(t) = c) \cdots (5.42)$

時点の変化率（5.1）の右辺に，（4.4.22）の左辺を代入すると（5.43）を記述できる．質点が備える振動数（4.1.11）の波の速さは，真空中の光の速さの場合が最も遅い速さであることを（4.4.40）で記述している．

$\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)} = \frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c}, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \ne 0) \cdots (4.4.22)$

$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t} = \sqrt{1-\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2} \cdots (5.43)$

$v_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(v_{S\_\mathrm{masspoint}}) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$ 質点で説明する波の振動数の決定

$v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \ge c, (v_{S\_\mathrm{masspoint}} \ne 0) \cdots (4.4.40)$

時点の変化率 (5.43) の右辺に極限値 (5.44) を計算できる. 波の速さが無限大に発散すると, 時点の変化率は (5.45) になる. これは, 慣性座標系 S 上での観測であるので, すべての時点は同期がとれていて慣性座標系 S 上の如何なる位置でも時間は等しいことを意味する.

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{wave}}\to\infty}\sqrt{1-\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2}=1\cdots(5.44)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{wave}}\to\infty}\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=1\cdots(5.45)$$

時点の変化率（5.43）の右辺に極限値（5.46）を計算できる. 波の速さが真空中の光の速さに収束すると，時点の変化率は（5.46）になる. これは，慣性座標系 S 上での観測であるので，真空中の光の速さで伝搬する波を生じる質点は真空中の光の速さで等速度運動する. このことで，時間（5.42）の場合になる慣性座標系 S_1 での質点の運動は後に説明している.

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{wave}}\to c}\sqrt{1-\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2}=0\cdots(5.46)$$

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{wave}}\to c}\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=0\cdots(5.47)$$

$$\mathrm{d}t_1(t)=0,(v(t)=c)\cdots(5.42)$$

時点の変化率（5.1）は振動数で記述すると（5.33）になる. 時点の変化率（5.1）および時点の変化率（5.33）の比較をすると，（5.43）を記述できる.

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(5.33)$$

$$\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2=1-\left(\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}}{c}\right)^2\cdots(5.43)$$

（4.4.22）の左辺を（5.43）の右辺の第２項に代入すると，（5.48）を記述できる.（5.43）を書き直すと（5.49）になる.（5.48）を書き直すと，（5.50）になる.

$$\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}=\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)}{c},(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(4.4.22)$$

$$\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2=1-\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2,(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(5.48)$$

$$\left(\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2+\left(\frac{v_{S\_\mathrm{masspoint}}}{c}\right)^2=1,(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0)\cdots(5.49)$$

$$\left(\frac{v_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\right)^2+\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2=1,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(5.50)$$

（5.49）および（5.50）の右辺は１である．(5.49）および（5.50）の左辺は第１項および第２項の和である．(5.49）および（5.50）の左辺の第１項は同じであり，時点の変化率（5.33）である．(5.49）および（5.50）の左辺の第２項は（4.4.22）の右辺および左辺である．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\frac{v_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(5.33)$$

（5.49）および（5.50）の左辺の第２項が右辺の１に対して幾分占めるかで，第１項が左辺の１に対して占める分が変化する．この計算では，(5.49）および（5.50）の右辺の１を２つに分けて，それぞれの分がどの割合であるかを考える．

時点の変化率では（5.40）が記述でき，(5.41）のように時点の変化率が零になった．(4.4.22）の右辺では，質点の等速度の速さおよび真空中の光子の速さとする真空中の光の速さを仮定できる．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(c)^2}{c^2}},\left(v(t)=c\right)\cdots(5.40)$$

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=0,\left(v(t)=c\right)\cdots(5.41)$$

真空中の光子の速さでは，慣性座標系を定義することが困難である．既に説明をしたように物体の存在を否定することを，真空中の光の速さで等速度運動する場合での静止質量が零に対して考えることができる．この計算では，アインシュタインの特殊相対性理論での２０１５年現在の著者の解釈である．質点の等速度の速さが真空中の光の速さに向かうことは，物体の存在を否定し慣性座標系が定義できなくなり時間が定義できない場合に向かうことを仮定できる．質点の真空中の光の速さでは，慣性座標系を定義できない．質点の等速度の速さが真空中の光の速さより遅い場合で，慣性座標系が定義できる．その慣性座標系の時間は，真空中の光の速さに近づくほど時点の変化は時点の変化率（5.33）のように遅い．質点の等速度の速さが限りなく零に近づくことで，慣性座標系がひとつの場合で各時計の同期がとれているように時点の変化率が収束する．質点の等速度の速さが限りなく真空中の光の速さに近づいていく過程で，次のような現象にが生じる．慣性座標系上の時計が他の慣性座標系上の時計に同期がとれず，各位置に定義された他の慣性座標系上の時計との時間の変化が時点の変化率（5.33）のように生じる．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\frac{v_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}\cdots(5.33)$$

真空中の光の速さは（4.6.43）で説明するように，質点の持つ全エネルギーおよび慣性質量を決定する．この決定では，質点の等速度の速さも決定する．質点の持つ全エネルギーが量子エネルギー（4.1.13）に等しいことを仮定しているので，真空中の光の速さ（5.51）を記述できる．

$$c=\sqrt{\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}},\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\neq 0\right)\cdots(4.6.43)$$

$E_{S_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot v_{S_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$波を示す質点の全エネルギー

$$c=\sqrt{\frac{h\cdot v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}},\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\neq 0\right)\cdots(5.51)$$

質点の備える振動数（4.1.11）で質点の量子エネルギーを計算する真空中の光の波が慣性座標系に観測できることを，真

空中の光の速さ（5.51）で説明する．質点の慣性質量（4.1.1）で等速度運動している質点および真空中の光子が慣性座標系に観測できることを，真空中の光の速さ（5.51）で説明する．

$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdots(4.1.1)$ 質点の慣性質量

質点の等速度の速さが真空中の光の速さに等しくなる場合では，真空中の光の速さ（5.51）は（5.52）で記述できる．この場合では，その質点の慣性質量は（5.13）で計算できる．この考察では，（4.1.6）を仮定しているので，（5.53）になる．

$$c=\sqrt{\frac{h\cdot v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)}},\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\neq 0, v_{S\_\mathrm{masspoint}}=c, m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0)=0\right)\cdots(5.52)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)=\frac{E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)}{c^2}\cdots(5.13)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_S(c)\cdots(4.1.6)$$

$$m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)\cdots(5.53)$$

（4.1.6）では，慣性座標系上を移動する真空中の光子の慣性質量（5.13）が（4.1.3）で記述できる．その慣性座標系上で等速度運動している質点の慣性質量（5.13）に（4.1.3）の光子の慣性質量が等しいことを仮定している．４章７節では，その光子の等速度の方向をｙ軸方向に仮定した．このことは，特殊相対性理論の振動数の変換での弧度で説明する．

$E_S(c)=m_S(c)\cdot c^2\cdots(4.1.3)$ 光子の持つ全エネルギー

この仮定では，慣性座標系上に存在する等速度運動する質点の持つ全エネルギーおよびその量子エネルギーに等しい光子の全エネルギーが存在する．真空中の光の速さで移動する質点の静止質量（4.6.39）は零である．慣性質量である静止質量が零であるので，その質点が備える振動数（5.28）は（5.29）になり零である．ただし，特殊相対性理論では，そのような慣性座標系は定義できない．

$$m_{0S\_\mathrm{masspoint}}=0\cdots(4.6.39)$$

$$v_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0)\cdot c^2}{h}\cdots(5.28)$$

$$v_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}=0\cdots(5.29)$$

振動数（5.29）が零であるので，時点の変化率（5.33）は（5.41）になり零である．質点の静止質量が零になることでは，一般の質量は静止質量が零でないので慣性質量が減少することを意味する．この現象は，質点の等速度の速さが真空中の光の速さに達する前には起きない場合も受け入れられる．静止質量（4.1）の右辺に真空中の光の速さを代入することで記述できる静止質量（4.6.39）の零である．さらに，時点の変化率（5.41）が零であるので時間が零となる．時間が零では質点の速度を定義できない——分母が零になる．——．質点の持つ全エネルギーが零で，その質点が存在していても一切に速度の定義ができない．このことでは，真空中の光の速さ（5.51）を記述できない．真空中の光の存在を説明できなくなり，真空中の光の波を使用できない．時間が零であるので，図 2.1 のような正円の弧の長さの微分（2.6）を計算できない．この意味では，慣性座標系上の長さを定義できない．これらのことでは，慣性座標系を定義できない．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=0,(v(t)=c)\cdots(5.41)$$

$$m_0\equiv m(v)\cdot\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},(0\leq v\leq c)\cdots(4.1)$$

$$c=\sqrt{\frac{h\cdot v_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)}},\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\neq 0\right)\cdots(5.51)$$

$\mathrm{d}l(t)=v_{\mathrm{wave}}(t)\cdot h_t\cdots(2.6)$ 円周上の点の移動距離の微分

真空中の光の速さ（5.52）が使用できないことで，慣性座標系上の質点を説明できる時間，長さおよび速さを微分（2.6）の時点（2.3）の近傍で仮定できない．真空中の光の速さ（5.52）で，時計を仮定でき時間および量子エネルギーの保証をする．時間よびエネルギーは共に存在することを真空中の光の速さ（5.52）で説明できる．

$$c=\sqrt{\frac{h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}}{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(c)}},\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\neq 0,v_{S\_\mathrm{masspoint}}=c,m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}(0)=0\right)\cdots(5.52)$$

$$t\cdots(2.3)$$

質点の備える振動数（4.1.11）の波の速さが真空中の光子の速さに収束することは，物体の存在を否定し慣性座標系および時間が定義できない場合を極限値（5.46）で仮定できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{wave}}\to c}\sqrt{1-\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2}=0\cdots(5.46)$$

質点の備える振動数（4.1.11）の波の速さが無限大に発散することでは，質点の等速度の速さは零に収束する．このことでは，質点は慣性座標系Ｓに静止していることを仮定し時点の変化率が１になる．慣性座標系Ｓ上のすべての位置に定義している時計はすべて同期しており同じ時間を示す．

$$\lim_{v_{S\_\mathrm{wave}}\to\infty}\sqrt{1-\left(\frac{c}{v_{S\_\mathrm{wave}}(t)}\right)^2}=1\cdots(5.44)$$

6　ドブロイ波の２重性および著者が独自に構築している波の理論の２重性の比較[8), 11), 13)]

著者が独自に構築している波の理論で導出した振動数（4.1.11）は真空中の光子が存在することを仮定している．このことでは，その光子は量子エネルギー（2.16）を持って真空中の光の速さで等速度運動している．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$E(c)=h\cdot\nu\cdots(2.16)$$ 光子の持つ量子エネルギー

光子の振動数を０以上の実数値で仮定することが可能である．（4.4.39）では，質点の等速度の速さが０より上で真空中の光の速さ以下の実数値で仮定できる．このことで，真空中の光子の量子エネルギー（2.16）を使用して（4.1.11）を記述できるものと仮定した．

$$v_{S\_\mathrm{masspoint}}(t)\leq c,\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.39)$$

ボーアの原子モデル理論――文献１３で説明している．――のように物質が光子の量子エネルギーを吸収したり，放出したりするものかは重要な問題である．その物質のエネルギーの増減は，光子の量子エネルギーで記述できる値に等しい値であることは説明できる．実際に光子が吸収あるいは放出されない場合では，４章１節の理論でエネルギーの値を記述するのに光子の量子エネルギーを使用したものに過ぎない．図 2.1 を使用した仮定で，２重性を仮定することになる．振動数（4.1.11）は質点が備えているものである．（4.1.11）の右辺ではアインシュタインの特殊相対性理論の質点の持つ全エネルギー（4.1.2）を記述している．ここで，振動数の変換（4.7.22）が導出できることで，アインシュタインの特殊相対性理論での振動数の変換に等しい結果を導くことができた．特殊相対性理論では，真空中の光の計算で振動数の変換を導出できる．

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}\cdots(4.1.2)$ 質点の持つ全エネルギー

$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\dfrac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\sqrt{1-\dfrac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^{2}}{c^{2}}}}\cdots(4.7.22)$ 著者が独自に構築している波の理論での振動数の変換

４章１節では，質点の備える振動数（4.1.11）であるので真空中の光の振動数ではない．その振動数（4.1.11）は真空中の光子の振動数に等しいことを仮定した．この導出方法では，光子の２重性で特殊相対性理論を使用した真空中の光の量子エネルギーを変換する議論には等しくない．量子エネルギーの吸収および放出を説明することで，その光の量子エネルギーの変換を説明するものとは異なる．

物質のエネルギーを量子エネルギー（4.1.13）の単位で仮定することで，振動数（4.1.11）での２重性を光子の２重性とは区別できる．量子エネルギー（4.1.13）で振動数（4.1.11）が零である場合では，（4.1.2）の右辺の慣性質量が零になる．慣性質量が零である場合では，静止質量が零であることで粒子の消滅を仮定できる．このことでは，エネルギーの吸収および放出で量子エネルギーを持つ粒子が生じていることを説明するのに粒子の消滅を説明できる．このような仮定では，光子である必要はなく静止質量が零であり振動数を０以上の実数で仮定できる粒子で４章１節の議論が可能である．真空中の光子は，その条件の必要な部分のみを使用されることで４章１節の理論を与えることができる．

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

ひとつの質点の持つ全エネルギー（6.1）は，その質点を構成しているすべての他の質点の持つ全エネルギー（6.2）の和であるものと仮定できる．（6.1）の左辺の質点がエネルギーを吸収あるいは放出することは仮定できる．（6.1）では，その質点はｎ個の質点で構成している質点系で有ることを仮定している．各質点は全エネルギーとしての量子エネルギー（6.2）を持っている．このことでは，それぞれの量子エネルギーの振動数（6.3）を仮定できる．

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\sum_{i=1}^{n}E_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right),(n:\mathrm{natural\ numbers})\cdots(6.1)$ 質点の持つ全エネルギー

$E_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(6.2)$ 量子エネルギー

$$\nu_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}}{h}\cdots(6.3)$$

量子エネルギー（6.1）の右辺に（6.2）を代入すると，（6.4）を記述できる．量子エネルギー（6.4）の右辺を整理すると，（6.5）になる．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\sum_{i=1}^{n}\left(h\cdot\nu_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\right)\cdots(6.4)$$

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\sum_{i=1}^{n}\nu_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(6.5)$$

量子エネルギー（6.5）の右辺の振動数の和を（6.6）の左辺で記述する．振動数の和（6.6）を使用すると，量子エネルギー（6.5）は（4.1.13）で記述できる．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\sum_{i=1}^{n}\nu_{i\_S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(6.6)$$

$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$ 波を示す質点の全エネルギー

質点の波の周期は（4.2.8）で記述できた．振動数の和（6.6）を使用すると，（4.2.8）から周期は（6.7）で記述できる．質点が備える振動数（6.3）を使用すると，周期（6.7）の右辺は（6.8）の右辺に書き直せる．

$$T_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{1}{\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}},\left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\neq 0\right)\cdots(4.2.8)$$ 質点で説明する波の周期の決定

$$T_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\nu_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}},\left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\neq 0\right)\cdots(6.7)$$

$$T_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\frac{m_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}}{h}},\left(\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\neq 0\right)\cdots(6.8)$$

質点の持つ全エネルギー（6.1）は，（6.3）の慣性質量で（6.9）になる．質点の持つ全エネルギー（6.9）の右辺を整理すると，（6.10）で記述できる．

$$E_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\sum_{i=1}^{n}\left(m_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}\right)\cdots(6.9)$$

$$E_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\left(\sum_{i=1}^{n}m_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)\cdot c^{2}\cdots(6.10)$$

質点の持つ全エネルギー（6.10）の右辺の慣性質量の和を（6.11）で記述すると，（4.1.2）で記述できる．（6.11）および（4.1.2）では，質点系として扱った元のひとつの質点の慣性質量は，その質点系を構成するすべての質点の慣性質量の和になる．

$$m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=\sum_{i=1}^{n}m_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdots(6.11)$$

$$E_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

エネルギーの吸収および放出をする場合には，質点の慣性質量（6.11）が変化することは全エネルギー（4.1.2）から説明できる．その慣性質量の変化では，慣性質量（6.11）を持つ質点の（6.11）の数ｎが増減することを仮定できることも有る．そのひとつの質点を質点系として扱い，その質点系を構成するすべての質点の数はそれらの質点の慣性質量の数ｎで決定するものと仮定できる．それぞれの質点が，それぞれの振動数（6.3）を備えている．

$$\nu_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{i\_S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}}{h}\cdots(6.3)$$

それぞれの振動数（6.3）の時間を観測できる慣性座標系が仮定できる．すべての振動数の和（6.6）は，ひとつの質点の備える振動数（4.1.11）に等しいものと仮定できる．

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\sum_{i=1}^{n}\nu_{i\_S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\cdots(6.6)$$

$$\nu_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_\nu_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^{2}}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

これらの慣性座標系上での周期である時間が異なることでは，それぞれ静止している質点の静止質量が異なる．この静止質量は，質点が備えている振動数（4.1.11）を使用すると量子エネルギー（4.1.13）で記述できる．

$E_{S_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot v_{S_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$波を示す質点の全エネルギー

特殊相対性理論の慣性座標系間での時点の変換は，質点が静止していることを仮定する．このことで，時点の変換（5.1）を導出できる．（5.1）をローレンツ変換で導出する際には，x 軸方向に等速度運動している慣性座標系上ではｘ軸の成分が定数であることを仮定する．この場合では，その質点がｙ軸の成分は時点の変換（5.1）には影響を与えていない．

$$\frac{\mathrm{d}t_1(t)}{\mathrm{d}t}=\sqrt{1-\frac{(v(t))^2}{c^2}}\cdots(5.1)$$

慣性座標系が x 軸方向に等速度運動している場合を仮定する．この仮定では，特殊相対性理論で振動数の変換（4.7.23）を導出できる．振動数の変換（4.7.23）で，等速度運動を観測される慣性座標系上で真空中の光子がｙ軸方向に等速度運動していることを仮定して振動数の変換（4.7.26）になる．振動数の変換（4.7.23）を観測する時計の真空中の光子が持つ量子エネルギーを使用して，振動数を計算する．

$$\nu=\nu_1\times\frac{1+\frac{u}{c}\cdot\cos\theta_{x1}}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\cdots(4.7.23)$$アインシュタインの特殊相対性理論での光の振動数の変換

$$\nu=\frac{\nu_1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\cdots(4.7.26)$$

x 軸方向に等速度運動している慣性座標系上に定義する時計が，真空中の光子で時間を観測する．この時計では，その真空中の光子がｙ軸方向に等速度運動することで時点の変換（5.1）を使用できる．著者が独自に構築している波の理論では，図 2.1 のような正円で時間を計算する．時計として使用する円周上の点が真空中の光の速さで回転し続けることには，その慣性座標系上の真空中の光子がｙ軸方向に等速度運動し続けることを仮定する．慣性座標系上で真空中の光子が等速度運動していることでは，その真空中の光子のエネルギーを持つ物質に時間，距離および波の速さを仮定できる．その光子のエネルギーが量子エネルギーであることでは，振動数で周期を計算できる．その周期は，慣性座標系上に定義する時計の周期である．その時計の時間であるので，その時計を定義した慣性座標系の等速度運動で図 2.1 の正円の円周上を回転し続ける点の速さが変化しないことを仮定できる．

ひとつの慣性座標系上の各位置に定義したすべての時計は同期が取られているので，図 2.1 の円周上の点は等速運動することを仮定できる．真空中の光子の持つ量子エネルギーで導出した振動数であるので，その速さは真空中の光の速さで等しく計算できる．時計として使用する図 2.1 の円周上の点の振動数が，慣性座標系上の真空中の光子の量子エネルギーで記述できる．その量子エネルギーが静止質量の全エネルギーに等しい．この静止質量の全エネルギーでは，時計の周期が異なる．

時計の周期は，時間を計算するのに使用する．周期が異なることでは，その物質の量子エネルギーが異なる．量子エネルギーの分布で物質が消滅するまでのエネルギー分布の変化を仮定できる．そのエネルギー分布の変化で生じる時計の周期は，その慣性座標系上に定義した時計の周期とは異なることを仮定できる．この異なる慣性座標系上に定義した時計の周期が，静止質量を観測する慣性座標系に量子エネルギーの増減を生じさせることを仮定できる．このことでは，慣性座標系上の時計の周期を変化させることを仮定できる．同期が取れた各時計の周期が異なることでは，各時計を与える物質の量子エネルギーが異なる．

物質が消滅するまでには，物質に定義できる時計の周期が変化する．その変化では，物質の静止質量を観測する慣性座

標系の選択をしていくことになる．その選択の履歴で，最初の慣性座標系上で観測している時間とは異なる量子エネルギーの振動数の変化での周期である時間の履歴ができる．その時間の履歴は，図 2.1 の円周の長さで離散的な記録を真空中の光の波長の履歴に与える．この波長の履歴には，振動数の変換（4.7.22）で応じる慣性座標系の等速度の速さを選択する．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{\nu_{S\_v_{\mathrm{wave0}}}}{\sqrt{1-\frac{\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{c^2}}}\cdots(4.7.22)$$ 著者が独自に構築している波の理論での振動数の変換

その質点の運動の変化から，その質点に対応させた物質が消滅するまでの時間を量子エネルギーが零になるまでの時間で観測できる．この物質の消滅では，振動数が零になる．振動数の零は，その物質が観測できないことで計算できる．この計算では，ひとつの物質が崩壊して幾つかの物質に分離することでも最初のひとつの物質が消滅したものと扱うことができる．この追跡では，他の物質と一体になり結合していることでも観測対象のひとつの物質が存在することは仮定できる．消滅した物質は振動数が零であるので，その物質には周期を定義できない．その周期が定義できないものに時間，距離および波の速さは定義できない．

図 2.1 の正円で，時間，距離および波の速さを記述できる．慣性座標系を振動数の変換（4.7.22）で向きを他の計算から考慮して選択できる．慣性座標系上の波を観測する際に，図 2.1 のような正円での記録で波の履歴を与える．時計として図 2.1 の円周上の点の速さは，真空中の光の速さで計算できる．波長が無限大の波は，その波の振動数が有限値に収束することで記録できる．その振動数では量子エネルギーを記述できるので、量子エネルギーを記録できる．４章１節の理論では，図 2.1 の真空中の光の速さの時計を使用して量子エネルギーに計算できる振動数を導出できる．ドブロイ波は，そのような真空中の光の速さの時計を与えるものではない．ただし，真空中の光の速さで移動する質点には，その質点が静止する慣性座標系は特殊相対性理論では仮定できない．

質点および波の２重性を４章の理論で次のように考察できる．質点の存在を説明する全エネルギー（4.1.2）を量子エネルギー（4.1.13）として扱う．

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2\cdots(4.1.2)$$ 質点の持つ全エネルギー

$$E_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)=h\cdot\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\cdots(4.1.13)$$ 波を示す質点の量子エネルギー

質点が静止する慣性座標系上の時間は，その質点の存在を説明する量子エネルギーとの関係を振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）で説明する．振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）の波は，図 2.1 のような正円で描くことができる．その正円の円周上を回転し続ける点で，時間および慣性座標系上の量子エネルギーを決定できる波を記述できる．波が生じることでは，時間および物質が存在することを説明している．物質が存在しないことでは，時間および波の存在は説明できない．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}}=\frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\cdot c^2}{h}\cdots(4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}}=\frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1-\frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}},\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\neq 0\right)\cdots(4.4.17)$$

４章での質点の備える振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）での２重性の説明では，ドブロイ波で決定していない解釈が含まれている．ドブロイ波では振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）の右辺を説明していない．ドブロイ

波を，アインシュタインの特殊相対性理論と共に計算すると振動数（4.1.11）および波長（4.4.17）の右辺を導出できる．さらに，光子の量子エネルギーを導入すると４章１節の正円を使用しない説明で（4.1.11）を導出できる．これだけでは，正円を使用した時計の導入はできない．４章１節では図 2.1 のような正円を使用している．その正円の時計の説明では（2.20）を使用している．

$$h_t = \frac{\mathrm{d}l(t)}{v_{\mathrm{wave}}(t)}, (v_{\mathrm{wave}}(t) \neq 0) \cdots (2.20)$$

時間を計算するのに波を使用している．その時間の定義では，著者が独自に定義した時間を使用している．

7　あとがき

質点が備える振動数を導出した．さらに，その振動数の波長を導出できた．著者が独自に構築している波の理論では，質点および波の２重性を導出できる．４章１節および４章４節での導出では，アインシュタインの特殊相対性理論を使用している．質点が，真空中の光の速さ以下の速さで等速度運動することを４章３節で導出できた．質点の速さが真空中の光の速さより遅いことで，その質点が静止する慣性座標系を仮定できる．質点が静止することでは，質点が備える振動数を導出する条件を満足していない．質点の等速度の速さがどこまでも零に近づくことで，極限値の計算で質点の等速度の速さが零である場合で計算できる．この極限値では，波長が無限大であり波の速さが無限大であることを仮定できた．波の速さが無限大であることでは，４章４節での２重性の波の速さは真空中の光の速さ以上であった．この計算は，著者の波の理論に特殊相対性理論を応用することで導出できた．このような質点の等速度の速さおよび波の速さについては，ドブロイ波をアインシュタインの特殊相対性理論で応用しても同様に導出できる．

著者は，時計として正円を使用する．この時計では，時間およびエネルギーを質点および波の２重性で４次元時空に関係を与える．慣性座標系間で時間の進み方が異なることで，振動数の変換を導出した．この振動数の変換で，各慣性座標系の時間の進み方を説明できる．時間の進み方はエネルギーの増減に関係する．このことは，物体の生滅に関わる計算である．そして，その質点が静止している慣性座標系での極限値で波の速さが無限大である．この振動数の変換では周期で時間の進み方を考えており，波の速さを直接に使用してはいない．波の速さおよび波長が無限大であることでは，正円の時計を与える情報になる．時計を与える条件を満足することで，波の速さおよび波長が無限大であることを使用する．質点の備える振動数を計算する際に選択した光子の真空中の光の速さおよび円周となる波長で，質点の備える振動数の周期の計算ができる．その周期の計算で，時計の時間を計算する．このように，時計では質点での時計の計算および振動数を計算する際に選択した光子での時計の計算の２つを与えた．質点は，その量子エネルギーを全エネルギーとして仮定した．光子では，質点の持つ全エネルギーに等しい量子エネルギーを持つものが選択される．物質の生滅を説明するには，その物質を質点として扱うことで直接に物質の時間を量子エネルギーで計算できる．質点の備える振動数の値は，質点の慣性質量で決定する．その慣性質量は，静止質量および質点の等速度の速さで決定することを仮定した．互いに相対性で逆向きに同じ速さで等速度運動していても，質点の備える振動数が異なることで時間の進み方が異なることを仮定できる．慣性質量が大きい方が，大きな振動数になる．慣性質量が大きい方では，多くの基礎的な粒子で構成されていることが仮定できる．その基礎的な粒子の慣性質量は，電子あるいは光子のようなもので仮定する．このことでは，慣性質量の大きいものには，その質点系内でのエネルギーの分布の変化および物質の生滅を仮定する．このような時間の進み方で，物質の生滅を仮定できる．質点が静止している慣性座標系上での時間を計算する際に，量子エネルギーはエネルギー分布を観測するのに時間と共に説明できる．

２０１５年現在で２重性の計算については第７回でも説明する予定である．波を扱う際に，正円が慣性座標系との関係

を持つことで波がどのように質点に影響を及ぼすかは問題である．著者の独自に構築している波の理論で，どのようにニュートン力学およびアインシュタインの特殊相対性理論を応用するかは重要なことである．

付録

i.　無限大の波長および波の速さについて[3), 11)]

図 2.1 の正円の円周上を等速で回転する点の速さは（a.1.1）で記述できる．（a.1.1）の左辺が零の場合は（a.1.2）で記述できる．

$$v_{S\_\text{wave}} = r\cdot\dot{\theta}\cdots(\text{a.1.1})$$

$$v_{S\_\text{wave}} = 0\cdots(\text{a.1.2})$$

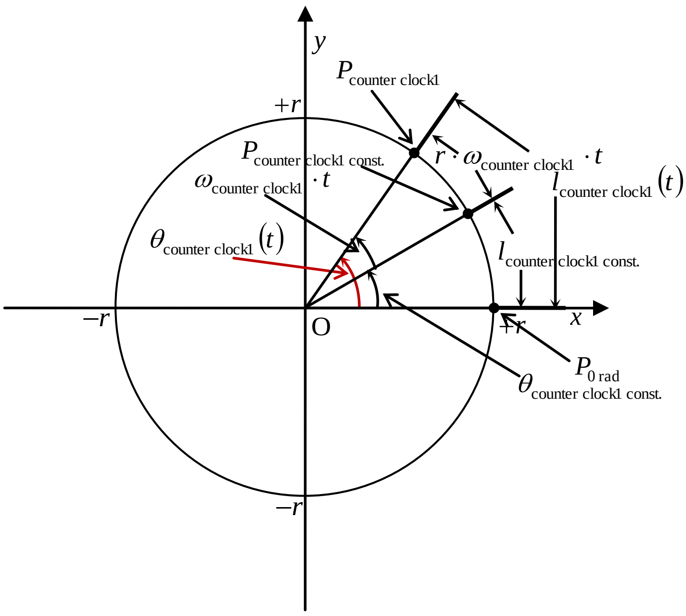

図 2.1　加算での逆時計回りの弧度

$$\theta_{\text{counter clockl}}(t) = \omega_{\text{counter clockl}}\cdot t + 2\cdot\pi\cdot\frac{l_{\text{counter clockl const.}}}{\lambda_r}$$

（a.1.2）を（a.1.1）の左辺に代入すると（a.1.3）を記述できる．（a.1.3）の右辺では変数は弧度のみである．

$$0 = r\cdot\dot{\theta},(r\neq 0)\cdots(\text{a.1.3})$$

$$\dot{\theta} = 0,(r\neq 0)\cdots(\text{a.1.4})$$

（a.1.4）は方程式（a.1.3）を書き直した方程式であり，円周上で方程式（a.1.4）の弧度の位置を意味する弧度は無数にあることを弧度（a.1.5）で説明できる．弧度（a.1.5）では，円周上の点の回転方向は正および負の弧度の方向を意味しており，回転方向を一方向に決定している記述ではない．弧度 (a.1.6) では，円周上の点の回転方向は正の弧度の方向のみを意味する．

$$\theta = 2\cdot\pi\cdot n,(n:\text{integer}, r\neq 0, \theta=\text{const.})\cdots(\text{a.1.5})$$

$$\theta = 2\cdot\pi\cdot n,(n:\text{integer}, \text{n}\geq 0, r\neq 0, \theta=\text{const.})\cdots(\text{a.1.6})$$

弧度の値が零でなくても，静止している円周上の点の速さを説明できることを仮定する．円周上の点のひとつの位置のみを指定することで，点が移動していないことを説明できる．点が移動していないことでは，点は静止している．時間が経過しても点が静止し続けることを仮定する．この場合では，弧度は（a.1.6）のどの値でも円周上の位置は方程式（a.1.4）を満足する弧度に等しいことは明らかである．この意味では，波の速さの定義（2.2）を使用すると円周上を点が移動した距離を（a.1.7）で記述した．点の移動距離が零であることでは，方程式（a.1.4）の弧度は弧の長さ（a.1.7）の弧度（a.1.8）である．

$$v_{\text{wave}}(t) \equiv \lim_{h_t\to 0}\frac{l(t+h_t)-l(t)}{h_t}\cdots(2.2)$$——正円上に仮定した点で定義する——波の速さの定義

$$l(t) = r\cdot\theta(t),(r\neq 0)\cdots(\text{a.1.7})$$

$$\theta(t)\geq 0,(r\neq 0)\cdots(\text{a.1.8})$$

速さが零であることでは，(2.2) の右辺の移動距離である分子の２つの弧の長さが同じ値で有る場合に成立する．円周上の点の位置は等しく弧度（a.1.6）で指定する円周上の位置に静止することでは，波の速さ（2.2）が零であることを算出できる．波の速さが零であることで，点の円周上の位置を記述する弧度が無数に存在することになる．

図 2.1 の正円の円周上で点が静止していることでは，波の速さが零である．このことでは，振動数および周期が定義できない．この結果では，波の波長も定義できない．波が存在しないものと仮定できる．このことでは，時間および物質が存在しないことを著者の時間の定義で仮定できる．

２０１５年現在の著者は次のように考えることで，波長が無限大に発散することを仮定する．点が移動する距離は等速で回転している点の時間で計算できる．方程式（a.1.6）の円周上の位置に静止する点には，移動時間が零で各位置に移れる場合と等しいことを点の移動距離で仮定できる．無限大に発散するほどの時間では振動数が零に収束し周期が無限大に発散するものと仮定できる．周期が無限大に発散する場合で，点の速さが零に限りなく近づく場合では点の移動距離は無限大に発散する．一方，点の速さが無限大に発散すると，周期が定数に収束することでも点の移動距離は無限大に発散する．瞬時に円周上の方程式（a.1.6）で指定する位置に移動できる場合の速さで移動する距離が無限大に発散する．だだし，円周上の点は等速で回転しているものと仮定する．円周上に静止している点には，無限大の速さで移動する点と同じように円周上の任意の位置で任意の時間に観測できる――その円周上に在る――すべての点を仮定できる．

円周上に点が静止し続けることでは，波を描くことができない．波の速さが零で計算でき，図 2.1 の円周上の弧の長さが零である．波の速さの零の計算は，慣性座標系上に定義した時計の時間を使用した計算である．円周上に静止し続ける点では，時間を定義できない．波を描けない円周上の点であるので，慣性座標系上の距離を定義する際の速さを使用できない．速さには波の速さおよび質点の等速度の速さを仮定できる．４章の理論では，２重性を記述できた．２重性では波の性質を示すが，円周上に静止した点では波の性質を示していない．このように波の性質を示さないことでは，２重性を説明できる円周上の点ではない．このことでは，速さを説明できない．時間を計算する周期を定義できない．この意味では，慣性座標系上の距離を定義できない．このことで，円周上に静止し続ける点では，時間，距離および波の速さを定義できない．

慣性座標系上の距離は，波の伝搬距離で計算できる．質点の等速度の速さが限りなく零に近づく場合では，その質点の備える振動数の波の速さは無限大に発散する．その無限大の速さで計算できる距離は，円周上の任意の２点間で計算する距離である．円周上に静止し続ける円周上のすべての点は，その無限大の速さで移動した移動距離を計算するのに使用できる．このことでは，移動時間が零に収束し円周上の任意の位置に移動できることを仮定した場合になる――波の速さあるいは質点の速度の定義で考察する．――．円周上に静止している点は，慣性座標系上で等速度運動する質点とは対応を与えられない．円周上の２つの点で距離を計算でき，その２つの点は互いに座標で異なる位置であることは区別できる．２つのそれぞれの点の位置に同じ時点を観測することは可能である．その２つの位置には慣性座標系上の位置が対応することが，その円周上を等速で回転する他の各点で説明できる．ひとつの質点が慣性座標系上の時点で異なる他の慣性座標系上にも存在する．このことで，円周上に静止する２つの点にそのひとつの質点の各慣性座標系上の位置が対応することを仮定できる．

ニュートン力学での質点の等速度の速さを仮定することで，真空中の光の速さと比較すると零に近い質点の等速度の速さであることを仮定する．この仮定で，次の極限値の計算を仮定できる．

上述の仮定では，速さが零に限りなく近づくことで円周上の位置に静止しているものと仮定できる点であるが移動距離が無限大に発散することを説明している．質点の等速度の速さが零であることでは，質点が備える振動数（4.1.11）は導出できない．振動数が導出できないことでは，波を仮定できない．円周上の点が静止していることでは，波の速さが零であることを仮定できる．波の速さが零であることでは，振動数を零であるものと仮定できる．ここで，波長（a.1.9）に極限値（a.1.10）を計算すると極限値（a.1.11）で発散する．極限値（a.1.10）では振動数は限りなく零に近づくが，振動数は零ではない．

$$\lambda_S = \frac{v_{S\_\mathrm{wave}}}{\nu_S}, (r \neq 0) \cdots (\mathrm{a.1.9})$$

$$\lim_{\nu_S \to 0} \lambda_S = \lim_{\nu_S \to 0} \frac{v_{S\_\mathrm{wave}}}{\nu_S}, \left(v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \approx 0, r \neq 0\right) \cdots (\mathrm{a.1.10})$$

$$\lim_{\nu_S \to 0} \lambda_S = \infty, \left(v_{S\_\mathrm{wave}}(t) \approx 0, r \neq 0\right) \cdots (\mathrm{a.1.11})$$

振動数（4.1.11）が零に収束する場合には，（4.4.24）では極限値（a.1.10）とは異なる．円周上で点の速さが無限大に発散する．振動数（4.1.11）の右辺の質点の慣性質量が零に収束する．このことでは，その質点の静止質量が零に収束する．

$$\nu_{S\_v_{\mathrm{wave}}} = \frac{m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_masspo\,\mathrm{int}}\right) \cdot c^2}{h} \cdots (4.1.11)$$ 質点で説明する波の振動数の決定

$$v_{S\_masspo\,\mathrm{int}}(t) \cdot v_{S\_\mathrm{wave}}(t) = c^2, \left(v_{S\_masspo\,\mathrm{int}} \neq 0\right) \cdots (4.4.24)$$

円周上の点の移動の距離で上述の波長の発散を仮定できる．円周上の点の速さが零に限りなく近づくことで波を描くことを仮定する――ニュートン力学で成立する質点および波の速さの仮定である．――．この仮定では，慣性座標系上の質点の速さも零に限りなく近づくことを仮定できる．アインシュタインの特殊相対性理論での（4.4.24）では，質点の速さが零に限りなく近づく場合で（4.4.17）の波長の発散を説明できる．この（4.4.17）の無限大の波長では，正円の円周上での点の速さが無限大に発散することを（4.4.24）で導出できる．最初のニュートン力学の仮定で，波を描くことができることで最後の円周上の点の速さが無限大に発散することの情報伝達の可能性が問題になる．点の速さは波の速さであり無数の波を仮定できる余地もある．

$$\lambda_{S\_\mathrm{wave}} = \frac{\lambda_{S\_c}}{\sqrt{1 - \frac{\left(m_{0S\_\mathrm{masspoint}}\right)^2}{\left(m_{S\_v_{\mathrm{wave}}}\left(v_{S\_\mathrm{masspoint}}\right)\right)^2}}}, \left(v_{S\_masspo\,\mathrm{int}} \neq 0\right) \cdots (4.4.17)$$

速さが真空中の光の速さを超え無限大にまで考慮されることでニュートン力学のような相互作用を仮定できる．無限大の速さでは，質点の等速度の速さの極限値が零になることで仮定できる（4.4.24）での波の速さが無限大に発散する説明が有る．振動数が零に限りなく向かうことでは波の周期は無限大に発散することを説明できる．周期が異なることで，質点が静止する慣性座標系が異なることがある．このことは，慣性座標系での間で時間の変換を考慮することになる．ニュートン力学での質点の速さが無限大まで発散するものではなく，質点の速さが真空中の光の速さよりも十分に小さいことを仮定する．時間の変換はわずかな時間の差で有ることが仮定できる．この質点の速さでは，真空中の光の速さを超える条件は満足していない．ここで，２重性を考慮すると波の速さが真空中の光の速さを超えることが可能である．

時間差――波の速さが無限大で波長を無限大に仮定して周期も無限大で考える．――が無限大の場合で，ニュートン力学の絶対空間で静止している質点間での無限大の速さでの相互作用について考える．このことでは，波長が無限大の波を仮定する場合の相互作用での情報伝達の速さを仮定できる．絶対空間では，このように無限大の速さを仮定することですべての慣性座標系の時計はすべて同期がとれることを仮定できる．この同期では，どの慣性座標系のどのような位置でも同じ時間を時計は記録することになる．このような時間は絶対時間と呼ばれている．静止質量が限りなく零に近づくことで，その質点を追跡できなくなる．このように追跡ができなくなることで，著者が定義した時間では波の速さ，距離および時間を定義できない．このことは，慣性座標系を定義できない．著者が独自に構築している２０１５年

現在の波の理論では，波の速さおよび質点の速さとは（4.4.24）の関係を満足することになる．波の速さに無限大を仮定できるが，絶対空間を否定することが仮定できる．波の速さが無限大で振動数が限りなく零に近づくことでは，ニュートン力学の無限大の速さの相互作用は否定できることを仮定できる．

波長（4.4.17）の無限大に発散する場合では，質点の速さは真空中の光の速さより十分小さいことを仮定していた．この仮定では，質点が備える振動数（4.1.11）が限りなく零に近づくように小さくはならないことを仮定できる．このことでは，その質点の静止質量が零ではないことを仮定できる．（4.4.24）では，波の速さが無限大に発散することを仮定できる．

速さが零であることは，相対性で説明できる．零にきわめて近づいていくことは，零として定めた値に相対的に近づいていくことを意味する．一方，速さの無限大への発散は波の速さで（4.4.24）で説明できる．この発散は，質点の等速度の速さが零に近づいていくことで仮定できる．そのような質点の等速度の速さの零に対する相対性で波の速さの発散が仮定される．円周上で回転する点の速さは，各点との相対的な速さを仮定できる．このことでは，無限大に発散する各点の速さに相対性をそれぞれ仮定することでもある．この場合では，各点で描く正弦波の周期が仮定できる．その周期は，相対性を考慮した時間である．この場合は，時間を観測する慣性座標系の速さは他の慣性座標系での相対性で決定できる．円周上に有る点に対応させる慣性座標系は，他の円周上に有る位置との相対性で観測する．真空中の光の速さは（4.4.24）で基準を与える値であるものと考えることができる．この基準となる真空中の光の速さで質点および波の速さを計算し，距離および時間を説明できる．

参考文献

１）富岡和人，“理論物理学での波の関数１”

２）富岡和人，“理論物理学での波の関数２”

３）富岡和人，“理論物理学での波の関数３”，pp.5-8, pp.9-13, pp.17-18.

４）Peter J. Mohr，Barry N. Taylor，and David B. Newell，National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 20899-8420, USA (Dated: December 28, 2007)：CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: ２００６，（http://physics）.nist.gov/cuu/Constants/codata.pdf

５）Bureau international des poids et mesures：The International System of Units(SI) 8th edition 2006，（http://www）.bipm.org/utils/common/pdf/si_brochure_8.pdf

６）富岡和人，“特殊相対性理論の速度の変換”，pp.8−12,pp.58−59.

７）THEORETICAL PHYSICS，Georg Joos With the Collaboratiopn of Ira M.Freeman，1958：Third Edition，Dover Publications，Inc. ，New York，pp.690-693.

８）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”，p.9,pp14-17,p31-35,pp45-61，pp.83-89, pp90-94,pp106-132.

９）ROBERT RESNICK，DAVID HALLIDAY，KENNETH S. KRANE，1992：PHYSICS 4th Edition Volume2，John Wiley & Sons，Inc.， pp.881-883,pp1021-1027, pp1045-1046.

１０）ROBERT RESNICK，DAVID HALLIDAY，KENNETH S. KRANE，1992：PHYSICS 4th Edition Volume1，John Wiley & Sons，Inc.，pp.417-423,pp427-430.

１１）MAX BORN,From the original translation of JOHN DOUGALL,revised by R.J.BLIN-STOYLE and J.M.RADCLIFFE,1969,This Dover edition,first published in 1989：ATOMIC PHYSICS EIGHTH EDITION，

DOVER PUBLICATIONS，INC.,pp89-92,pp.382-383.
１２）H.A.LORENTZ, A.EINSTEIN, H.MINKOWSKI AND H.WEYL, 1923 TRANSLATION：THE PRINCIPLE OF RELATIVITY，DOVER PUBLICATIONS，INC.，pp.99-104.
１３）富岡和人，“電位の簡単な入門 2007 第２回”,pp19−32.
１４）Vladimir A.Zorich，Roger Cooke(Translator)，2004：Mathematical Analysis Ⅰ，Spronger， pp.178-181.
１５）富岡和人，“理論物理学での波の関数４”
１６）富岡和人，“理論物理学での波の関数５”
１７）富岡和人，“電位の簡単な入門 2007 第１回”
１８）富岡和人，“電位の簡単な入門 2007 第３回”
１９）富岡和人，“電位の簡単な入門 2007 第４回”
２０）富岡和人，“電位の簡単な入門 2007 第５回”
２１）富岡和人，“電位の簡単な入門 2007Option”
２２）富岡和人，“AL_COM.CVSyst.1 on Dec. 27, 2006”，循環系に関する研究報告，(2006−12−27)
２３）富岡和人，“AL_COM.CVSyst.2_on_Dec. 25, 2008”，循環系に関する研究報告，(2008−12−25)
２４）富岡和人，“循環系の回路モデルの簡単な初級講座 2007 第一回”
２５）富岡和人，“循環系の回路モデルの簡単な初級講座 2007 第二回”
２６）富岡和人，“循環系の回路モデルの簡単な初級講座 2007 第三回”

理論物理学での波の関数６ 富岡和人著

作成日：2015 年 12 月 30 日
発行日：2015 年 12 月 30 日

ホームページ
http://www.alifecom.info/

http://book.geocities.jp/alifecominfo/
http://alifecominfo.aikotoba.jp/

特殊相対性理論のページ
http://www.alifecom.info/relativity.htm
http://book.geocities.jp/alifecominfo/relativity.htm
http://alifecominfo.aikotoba.jp/relativity.htm

波のページ
http://www.alifecom.info/theoryofwaves.htm
http://book.geocities.jp/alifecominfo/theoryofwaves.htm
http://alifecominfo.aikotoba.jp/theoryofwaves.htm