研　究　会　報　告

宇宙線ミューオン強度による特殊相対論の検証

森　　健寿（埼玉大，理工，物理）

1. 弱い相互作用やレプトンの存在に就いて考える場合，確立された実験結果の理論的解釈と共に，これから出て来る実験と理論をどのように噛み合わせて行くかを考えておくことも必要であろう。此の観点より吾々（美甘，水谷，森）は昨年来綜合的検討を行なっているが，その予備的結果をまとめたものを現在印刷中なので，この会の参加者には２月中に配布出来ると思う。併しその報告には表題に関する議論が含まれておらず，それをこゝで補足しておきたい。その理由は次の通りである。すでに衆知の如く，0.2 TeV 以上の粒子物理学に於ける問題点に就いて多くの指摘がなされている。此れ迄積極的な考察が余りなされなかった時空の等方性，連属性に関する検討等も一部では喚起され始めたようである。此処に述べるのは古くはRossi 及び Hallの行なった有名な実験の現代版と云えるかも知れない。

2. 宇宙線ミューオンの強度を決める要素は，大気中で発生したπ中間子が崩壊す迄に通過する径路の幾何学的長さℓとπ中間子の空気中での平均自由行路Ｌである。前者は$\ell=\frac{\tau E}{mC}\equiv\frac{E}{B}$，（但し$\tau$，m及びEは夫々$\pi$中間子の固有寿命，静止質量及びエネルギー），で与えられる。后者は空気中でπ中間子が断面積σ（一定と見る）で核相互作用を行なうとすれば$L=\frac{A}{N\sigma}$で与えられる。

但しＡ，Ｎは夫々空気の原子量，アヴオガドロ数である。

従って，結果は$\ell\rho$とＬの大小関係により左右される，こゝにρは空気密度である。π中間子強度に相対的なミューオン強度は

$$I(E)=\frac{1/\ell\rho}{1/L+1/\ell\rho}=\frac{1}{1+\dfrac{E\rho}{LB}}$$

と考えてよい。

次の要素は強度の天頂角依存性である。今天頂角θに沿って高さh（θ）迄

粒子が通過して来る大気の実質的深さは

$$x^{(g\,.\,cm^{-2})}=\int_{h(\theta)}^{\infty}\rho(z)\,\frac{dz}{\cos\theta}=\int_{h(0)}^{\infty}\rho(z)\,dz$$

であり，平担且つ一様温度Tの大気で高さzに於ける空気密度は $\rho(z)=\rho_0\exp\left[-\frac{z}{H}\right]$，$H=RT/g$ である，但しR，gは夫々気体定数，地球の重力加速度。そこで天頂角 θ の方向に沿う大気の深さが，垂直な深さxに等しい高度の密度は $\rho(\theta)=\rho(o)\cos\theta$ で与えられる。此等の関係よりUtah大学グループのX-PROCESS以来特に有名になったnon × PROCESSの $\sec\theta$ − enhancement 即ち　$I_{\mu}(\theta)\cong I_{\mu}(o)\sec\theta\,(E>\frac{LB}{\rho}$ の場合）が出る。特殊相対論のtime-dilatationの因子の検証（Rossi-Hallの実験の目ざしたもの）は此の比の極限形よりはむしろ絶対値（垂直強度も含めて各角度での）によるべきであろう。ミューオンの崩壊は高エネルギーの場合として上で無視したが，大きい角度では大気の曲率も考えに入れねばならぬ。何れにせよ，π 中間子の寿命の伸びが特殊相対論のtime~dilatation因子以外にあるとするならば強度絶対値は数ファクター丈変る場合も出てくる。実験の精密化は1～数TeV領域で水谷氏らの μ-ECCグループ，更にLebedev研究所の μ-ECC 実験のチェックが出たようだし又Brookhaven-Stanford大学グループANL-グループ等により進んでおり，それに対応してより精密な計算が要求されるであろう。

3. 時空座標x，t以外にunit time like vector nを導入し $R^2=2(n\cdot x)^2-(x\cdot x)$ をつくることにより確定した時空領域を指定出来る。今Lab. Systemでは $n=(1,0,0,0)$ とすると，任意の系で次の様に仮定された切断因子

$$F(x)=\left(\frac{4}{3}\pi a^3\right)^{-1}\delta(nx)\,\Theta\left[a^2+x^2-2(n\cdot x)^2\right]$$

（但し　aは非局所性のはんいを示すパラメーター）

のLab-systemでのFourier変換は

$$g(Q)\cong 1-\frac{1}{10}\alpha^2|\vec{Q}|^2$$

で与えられる。energy-momentumは保存させ，遷移確率が比の形状因子 g(Q) により減衰するとするとπ中間子の寿命として

$$\tau \simeq (1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}\ \tau_0\ (1+\frac{1}{5}\alpha^2|\vec{Q}|^2)$$

が得られ実験との比較に使われている。但しQはπ中間子の運動量。

併したとえこの考えが正しくとも，$\alpha^2|Q|^2$ が大きいとき上の式は実験との比較に使えない（展開が使われている）。又形状因子を比の型に選ぶよりは，田地先生の如く exp〔$-(N\circ Q)^2$〕と選んだ方がよいだろう。更にこの様な理論に於ける保存則に関する検討が必要であろう。今こゝで述べたタイプの実験（加速器での life time の測定を含む）により将来何らかの anomaly が確認されれば，弱い相互作用は巨視的な unit time like vector n と結合していることが分かる。又もし確認できないなら，この立場での非局所性の大きさの上限を決めることになる。現在の実験の limit はゆるく$\lesssim 10^{-16}$cm 程度のことしか云えない。

References

1）G. G. Asbury et. al. Il Nuovo Ciments 66B ，169（1970）

2）T. Tati, Supplement of the Prog. Theoret. Phys. 29（1964）

討　論

内藤：Energy-momentum conservation は成り立っているのか。

牧：Translation invariance になっているのか。

森：エーテルと合わせるとEnergy-momentum が保存しているが，粒子だけでは一般に保存していない。