

氏 名	濱 本 伸 治 はま もと しん じ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 284 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 48 年 5 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	Quantization of Free Tachyon Fields and Possibility of Superluminal Urbaryon Model (自由タキオン場の量子化と超光速ウルバリオン模型の可能性)

(主 査)
論文調査委員 教授 田 中 正 教授 町 田 茂 教授 荒木不二洋

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は素粒子に対する複合模型の基本粒子として、タキオン——つまり光速を超える伝播速度をもつとされる仮想的粒子を適用することを意図する。そのためまずこれまでになされてきたタキオン自身についての分析をさらに深めることがなされている。

素粒子の複合模型の理論は、今日いくつかの重要な成果をあげているにもかかわらず、その基本構成粒子が依然として発見されないことは大きな謎となっている。しかし理論的にも未知の要素が多く、たとえばこの基本粒子は現実の素粒子とは反対のスピンと統計の関係をもつことが示唆されている。実際過去10数年にわたり数多くの素粒子の励起状態が発見されているが、それらは複合模型にもとづくユニタリ対称群 SU_6 によって見事に分類されることがわかっている。その際、基底状態およびその近くの励起状態の構造を説明するのに、基本粒子はスピン $\frac{1}{2}$ をもちながらボーズ統計に従うことを仮定しなければならない。また同時にこの仮定はハドロンの弱い相互作用によるいわゆるノン・レプトニックな崩壊過程におけるアイソ・スピンの選択則を説明する上で重要な役割を演じている。

このほか基本粒子は、これまでに知られている電荷素量の $\pm\frac{1}{3}$ あるいは $\pm\frac{2}{3}$ という様な半端な電荷をもつ可能性が指摘されている。従って基本粒子に対しては、必ずしも従来の素粒子像にとらわれない種々の可能性を検討する必要がある。申請論文はタキオンがその本性上スピンと統計性について通常の素粒子とは反対の関係をもつ理論的可能性に注目し、これを基本粒子に同定しようとする。

タキオンの量子化については、これまでも多くの研究がなされているが、申請論文は量子力学と相対性理論の枠内でそれを行なおうとする。つまり相対論的場の量子化に際して、一般に二種類の不変 D-関数、すなわち Δ および $\Delta^{(1)}$ 関数を用いる可能性があるが、通常は因果律の要請から前者が用いられる。しかし虚数質量をもつタキオンの場合は、この因果律の要請を重視して Δ 関数を用いると、非物理的状态の出現を抑えるためにヒルベルト空間に不定計量をもちこむことが必要になり、量子力学の枠外にはみだす結果におちいる。そこで申請論文は後者の $\Delta^{(1)}$ 関数を用いる別の量子化の立場をとり、かつ PCT 変換

の下での理論の不変性を要求するが、このとき上述の様なスピンと統計の逆転した関係が導かれることを示す。この証明はスピン0および $\frac{1}{2}$ の場合については、比較的簡単に行なわれるが、申請論文はより一般のスピンをもつ場合について、この量子化の方法を適用することに成功している。実数質量をもつ通常の場の理論においては、スピンの構造はよく知られているが、虚数質量をもつタキオンの場合は、スピンは三次元ローレンツ群の表現に関係し、その構造は複雑である。申請論文は、後者についての Wigner, Bargmann らの群論的研究に基づいて、その中で特に興味ある有限次元非ユニタリ表現および離散的無限次元ユニタリ表現に属するタキオン場の表式を明らかにし、それを量子化することによって、一般的なスピンと統計の関係を導くことに成功している。

論文審査の結果の要旨

申請論文は光速度を超える伝播速度をもつ仮想的粒子——タキオンの理論的研究に関するものである。申請者の最終的に意図するところは、ハドロンの複合模型における基本粒子——ウルバリオンあるいはクォークなどと呼ばれる——に対してこのタキオンを適用しようとするところにあるが、そのためにこの申請論文においては、タキオンの量子化の一般論を行なっている。

タキオンの量子化については、これまで数多くの研究がなされてきたが、それらはいずれもタキオンのスピンの値が、0あるいは $\frac{1}{2}$ の簡単な場合に限定されている。その際の本質的な問題は、虚数の質量をもつタキオンを相対性理論と量子論の諸原理と抵触することなく、いかに量子化しうることにかかっている。もし相対論的な因果律を重視した量子化法を採用すると、いわゆる abnormal 解と呼ばれる時間の発展とともに波の振幅が指数関数的に増大する非物理的な状態が出現する。これを抑えるためには、ヒルベルト空間に不定計量をもちこむことが必要となり、量子力学の枠外にはみだすことになる。そこで申請者は、タキオンに対して因果律の適用は犠牲にしながら、相対論的不変性と PCT 反転の不変性を満足する別種の量子化法を採用する。このとき理論の必然的結果として、スピン0のタキオンは、フェルミ統計に、またスピン $\frac{1}{2}$ のタキオンは、ボーズ統計にそれぞれ従わねばならないこと——つまり通常の素粒子の場合とは反対のスピンと統計の関係が導かれる。

申請論文は以上の点を明らかにした上で、さらにこの議論を、タキオンがより一般的なスピン状態にある場合に拡張する。この論文のもつ重要な意義の一つはこの点に認められる。すなわち量子力学的系の四元運動量が“空間的”な場合のスピン構造については、Wigner, Bargmann らによって群論的に研究されているが、申請者はこれを具体的に虚数質量をもつタキオン場に適用することに成功している。この場合のスピンの構造は三次元ローレンツ群の表現に関係しており、その内容は実数質量をもつ場合に比して複雑である。申請論文はその中で特に興味のある有限次元非ユニタリ表現と離散的無限次元ユニタリ表現に属するタキオンをとりあげ、それを相対論的に不変な形で量子化することに成功している。

一方ここで明らかにされたタキオンのスピンと統計性の関係は、ハドロンの構成要素はタキオンであるとする申請者の興味ある仮説に重要な理論的根拠を与えるものである。実際、最近の複合理論のめざましい成果を支える一つの重要な仮定として、基本粒子のスピンと統計性の関係の逆転がひろく用いられているが、この仮定は同時にハドロンの崩壊過程におけるアイソ・スピンの選択則を導くのに有力な理論的

根拠を与えている。

申請者の最終的に意図する所は、この様な超光速をもつタキオンを、束縛状態として一定の時空間内に閉じこめ、ハドロンを構成することであり、それは今後の研究にまたねばならない。しかし以上述べた様に、この申請論文がタキオンの量子化を一般的なスピン状態の場合に拡張することに成功し、統計性との関係を明らかにしたことは、この分野の研究に重要な知見を加えるものであり、その意義は高く評価される。

また参考論文は、申請者が素粒子物理学において優れた学識と研究能力をもつことを示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。