

# 論文審査の結果と要旨

名前 鈴木 功至郎

本論文では、ノースケール型超対称模型の現象論的解析を行っている。ノースケール超対称理論は、歴史的には宇宙項問題の解決の糸口として導入された。その一方で、超対称化した素粒子の標準模型（超対称標準模型）においてこのノースケール型超対称性は現象論的利点を持つ。超対称性の破れに起因するフレーバー変化中性カレント (FCNC) 事象は強い実験の制限をうけるが、ノースケール型超対称性を導入することで、この強い制限を自然な形で満たすことができる。今日ノースケール型超対称性を考える動機付けとしてこの後者が大きなウエートを占め、多くの研究者に興味をもたれている。

ノースケール型超対称性を導入した超対称標準模型において、スカラー粒子の質量は、ゲージボソンの超対称粒子であるゲージノとの相互作用からくる量子補正によって生じる。そのため、この模型におけるスカラー粒子の質量はゲージノの質量に比例し、 $U(1)$  ハイパーチャージの相互作用しか持たない右巻きスカラータウもしくは  $U(1)$  ハイパーチャージのゲージノ（ビーノ）が安定なもっとも軽い超対称粒子となる。現在までの加速器実験においてヒッグスボゾンおよび超対称粒子が未発見であることから、このノースケール型超対称性においてゲージノの質量に対し下限がつけられている。特に、もし超対称性の破れの起源が大統一模型 (GUT) のスケールにあるとした場合、この模型のほとんどのパラメータ空間でもっとも軽い粒子は電荷をもつ右巻きスカラータウとなる。100 GeV オーダーの質量をもつ電荷をもつ安定な粒子の存在は宇宙論から排除されている。そのためこの模型はなんらかの修正を必要とされると考えられる。

論文提出者はこの修正の可能性として、大域的  $U(1)$  対称性である  $B-L$  をゲージ化することが議論されている。新たに導入したゲージ相互作用からの量子補正で、超対称粒子の質量スペクトラムが変更されるからだ。この  $B-L$  対称性は、ニュートリノの質量や超対称標準模型での  $R$  パリティの起源を説明するものとして魅力的な対称性である。

論文提出者は解析の結果次のような結論を導いた。まず、この  $B-L$  対称性が、 $SO(10)$  大統一模型にあるように、標準模型のゲージ対称性と共通のゲージ群に起源を持つ場合である。この場合、超対称粒子の質量スペクトラムを大きく変えるにはその相互作用の大きさが十分ではなく、右巻きスカラータウが安定粒子である問題を回避することができない。一方、 $B-L$  対称性と標準模型のゲージ対称性が独立にある場合には、もし  $B-L$  対称性のゲージノの質量が十分重い場合、有意な超対称粒子の質量スペクトラムの変更を導ける。実際この拡張により安定な最も軽い超対称粒子は中性粒子であるビーノである。

この模型において質量スペクトラムは2つのゲージノで与えられることから、将来の加速器実験で超対称粒子の質量を測ることで検証が可能である。

以上の内容は、論文提出者のオリジナルな解析であり、この内容の論文はすでに Physical Review D に掲載されている。

本論文は6章からなる。1章は、超対称性をなぜ考えるか、および、この論文で研究されているノースケール型超対称性の動機付けを述べられている。2章では、まず宇宙項問題の解決の糸口として発見されたというノースケール形超対称性理論の歴史的背景が述べられている。次にノースケール型超対称性理論が生じる背後の理論として、M 理論およびオービフォールドコンパクト化された5次元超重力理論について議論されている。また、このノースケール型超対称性理論では FCNC 事象が自然な形で抑制されるという現象論的側面を議論し、FCNC 事象が抑制される他の超対称性の破れの起源の可能性についてレビューされている。3章では、この模型の現象論的側面の詳細をレビューし、パラメータのほとんどの領域で右巻きスカラータウが安定粒子であることが予想されることについて述べられている。4章では、本博士論文のテーマである、B-L 対称性をゲージ化することで右巻きスカラータウが安定にならないようになるかどうかの研究が書かれている。5章は、この問題の解決する別のアプローチがレビューされている。6章は結論および議論である。

なお、本論文の4章は、藤井優成と鈴木功至郎の共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および解析をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって博士（理学）の学位の授与できると認める。