



Title	BRS Symmetry and Unitarity in Kaluza-Klein Theory : Towards the Realistic Unified Theory
Author(s)	Ohkuwa, Yoshiaki
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/24606
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・（本籍）	大 桑 良 彰
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	第 6 3 6 9 号
学位授与の日付	昭 和 59 年 3 月 24 日
学位授与の要件	理学研究科 物理学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	カルザ・クライン理論の BRS 対称性とユニタリティ ——現実的な、力の統一理論を目指して——
論文審査委員	(主査) 教 授 吉川 圭二 (副査) 教 授 森田 正人 教 授 山本 邦夫 助教授 佐藤 行 講 師 細谷 暁夫

論 文 内 容 の 要 旨

最初に、高次元時空を考えて、重力とその他の相互作用を統一するカルザ・クライン理論の基礎を復習する。次に、この理論に基き、重力を含めた自然界のすべての相互作用を統一する現実的な理論を作る際の諸問題をまとめる。

重力場やゲージ場を量子化する際には、ゲージ固定を行い、ファデーフ・ポポフのゴースト項を加えなければ、ユニタリティ（確率の保存）が保証されない。ユニタリティの証明には BRS 対称性が重要な働きをする。この論文の主要部では、カルザ・クライン理論の BRS 対称性とユニタリティを導く。まず、高次元時空のアインシュタイン理論の BRS 対称性から、カルザ・クライン的な次元縮約により、4 次元時空におけるアインシュタイン・ヤング・ミルズ理論の BRS 対称性が正しく得られることを示す。そして、この結果が、拡張された BRS 対称性についても成立つことを示す。次に、次元縮約の方法を用いて、質量を持つテンソル場の BRS 対称性を導く。そして、この結果を使って、カルザ・クライン理論全体の物理的 S 行列のユニタリティを確立する。

最後に、5 次元時空のカルザ・クライン理論における電磁相互作用を調べ、この理論から予言される非常に重い粒子の特徴として、磁気能率と角運動量の比（g 因子）が通常の粒子の値と異なり 1 であることを示す。

論文の審査結果の要旨

重力を含む素粒子の相互作用の統一理論が最近活発に模索されている。その中で、古い起源をもち、教学的にも美しい形をもつものが Kaluza-Klein 理論である。その特徴は、普通の時空次元よりも高い $(4 + N)$ 次元の時空をまず想定して、そのうち N 次元部分が小さい内部空間へと転化すると考える点にある。ゲージ場は、内部空間の対称性を反映しつつ $(4 + N)$ 次元の重力場の一部からつくられる。この理論にもとづいた現実的な統一模型は、未だにできておらず、現在はその理論的側面が多くの人によって調べられている段階である。

本論文では、主として Kaluza-Klein 理論のユニタリティーが証明されている。即ち一般の高次元 Einstein 理論から出発し、そこではユニタリティーが保証されるように量子学的作用をスタンダードなやり方で選んでおく。時空が普通の 4 次元時空と閉じた内部空間に分解された後もユニタリティーが成立しているかどうかは自明な事ではなく証明を要する。大桑君は、まず $(4 + N)$ 次元重力の BRS 対称性が 4 次元重力の BRS 対称性とゲージの BRS 対称性として生き残る事を示した。次に、九後、小嶋等の正準形式を今の問題に 응용して、物理的な 4 次元時空においてもユニタリティーが成立している事を示した。具体的には、5 次元時空で詳しい証明を行なっているが、その方法から見て一般次元の場合にも成立すると考えられる。

大桑君によるユニタリティーの証明は明快かつ手法もスタンダードなもので間違いのないと思われる。ある程度予想された結果ではあったが、Kaluza-Klein 理論が首尾一貫した理論であるための重要な必要条件が 1 つ証明されたことに意義がある。さらに Kaluza-Klein 理論全体について包括的なレビューも行なっている労作である。

以上の諸点に鑑み、本論文は理学博士の学位論文として充分価値あるものと認める。