



Title	Topological Meaning of Gauge Anomaly and Gaussian Factors
Author(s)	新家, 博文
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38876">https://hdl.handle.net/11094/38876</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	新 家 博 文
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 1 2 0 1 号
学位授与年月日	平成 6 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Topological Meaning of Gauge Anomaly and Gaussian Factors (ゲージアノマリの位相幾何学的意味とガウス因子)
論文審査委員	(主査) 教授 高杉 英一  (副査) 教授 吉川 圭二 教授 東島 清 助教授 窪田 高弘 助教授 糸山 浩

### 論 文 内 容 の 要 旨

カイラルゲージ理論におけるアノマリの代数的構造を解析する手段としては微分幾何学を用いた強力な方法がよく知られているが、我々は同じ解析が Fujikawa の汎関数トレースの形に書いたアノマリを通して直接行えることを示した。この方法は未だ幾何学的方法の適用外である open boundary の場合のゲージ理論や弦理論のような他の力学系にも適用できるので、研究する価値があると考えられる。しかしながら、アノマリの具体的な形を見る為には、複雑な摂動論による他はなく、一般の次元でこれを行うことは困難である。一方、我々は Fujikawa の形に書いたアノマリが Wess-Zumino 条件を満たす事を示しており、この事から Fujikawa のアノマリが実際には幾何学的手法で構成されたアノマリと等価である事が推測される。

この論文では、アノマリへの幾何学的アプローチと我々のガウス因子を用いた方法の関係について考察する。我々の議論は非常に一般的なもので、具体的なアノマリの形や index など理論の詳細によらず、いつでも Fujikawa の形に表したアノマリに位相不変量を対応させる事が出来る。我々は Yang-Mills 理論、重力理論と open-string 理論を取り扱った。特にゲージ理論においては Zumino らによって cohomology の手法で構成されたアノマリと Fujikawa のアノマリが同等であることを証明した。摂動論の複雑さを避ける為に我々は次の手段を取った。

1. まず Alvarez-Gaumé, Ginsparg らによる  $(2N+2)$  次元の Index から  $2N$  次元のゲージアノマリを導出する議論に基づいて、cohomological なアノマリのガウス因子表示を求める。 $(2N+2)$  次元の index を汎関数トレースの形に表わして、余分な  $2$  次元を摂動項として扱えば、ガウス因子表示を用いて Alvarez-Gaumé らの議論が再現でき、同時に求める cohomological なアノマリのガウス因子表示を得ることが出来る。
2. 次に汎関数トレースの性質と微分演算子の代数を用いて二つのアノマリを結び付けるカウンタータームを構成する。この手法でゲージ理論に置いては完全な同等性を示す事が出来た。この考察は  $V, A$  結合のゲージ理論にもそのまま拡張出来る。

上の手続きは、他の系に対しても形式的には同じである。重力アノマリにおいても、 $2$  次元上の index に関係して consistent なアノマリたちを得ることが出来、これらと Fujikawa のアノマリの同等性を示す事が出来る。また我々の手法は此等同じ index より導かれるアノマリたちの間をつなぐカウンタータームを自然に与える事が出来る。

アノマリを index と結び付ける手法を応用してアノマリの幾何学的意味について考える事が出来る。我々は、open-string 理論への拡張を考察した。この事は Dirac 演算子を string 版のそれに置き換える事で容易になされる。我々

は10次元 type - I 超弦理論を議論して、この理論のゲージアノマリを12次元の或種の Dirac 演算子の index と結びつけた。string の場合アノマリは外場  $A$  の無限項からなる級数となる。このような物を直接、議論するのは困難だが、(Yang-Mills 対称性に関しては) 位相的不変量である index と結びついていることからゲージ不変性の幾何学的な obstruction に関係している項は連続パラメータ string tension  $\alpha'$  に依らないことが推測され、particle 極限での計算が可能であることが期待される。我々の結果は string 理論のアノマリに対して幾何学的基礎づけを与えられる可能性を示した。

我々はガウス因子に依るアノマリの表示を用いて幾何学的方法で知られているほとんどの結果を再導出することが出来た。また、我々の方法はカウンターターム、カットオフ依存性、正則化への依存性など場の理論特有の問題も議論することが出来る。我々の方法は幾何学的アプローチと補完的に用いることでアノマリの構造を調べるにあたって強力な道具に成り得るといえる。

### 論文審査の結果の要旨

本論文では、非可換ゲージ理論、重力理論、ひもの理論におけるアノマリ (対称性が量子効果で破れること) の研究がなされている。特に、藤川の提案したアノマリの形が位相不変量に対応させられること、またコホモロジーの手法で構成された形と同等であることが直接に示された。これらの成果は博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。