



Title	Quantum Hilbert Space of Chern-Simons-Witten Gravity and Topological Invariants of 3-Manifolds
Author(s)	林, 伸治
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38039">https://hdl.handle.net/11094/38039</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">大阪大学の博士論文について</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	林伸治
博士の専攻分野の名前	博士 (理学)
学位記番号	第 10112 号
学位授与年月日	平成 4 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	Quantum Hilbert Space of Chern-Simons-Witten Gravity and Topological Invariants of 3-Manifolds (チャン・シモンズ・ウイッテン重力の量子ヒルベルト空間と 3 次元多様体の位相不変量)
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 大坪 久夫 教授 高杉 英一 助教授 佐藤 行 助教授 静谷 謙一 助教授 窪田 高弘

## 論文内容の要旨

3 次元量子重力、量子宇宙論における、繰り込み可能性、非摂動的局面、及び空間の位相的変化等の基本的諸問題に取り組む。4 次元におけるこれらの問題の困難さは 3 次元においてその多くが解消される。それは、3 次元の一般相対論が持つ特性による。第一に、3 次元ヤン・ミルズゲージ理論 (チャン・シモンズ理論) と同等である、第二に、時空の大域的構造 (時空多様体の基本群) によってゲージ場の物理的自由度が決定される、といった性質である。

この論文では、こうした特性に基き、最近ウイッテン氏によって明らかにされたチャン・シモンズ・ゲージ理論と 2 次元共形場理論 (2 次元可解統計モデルの臨界点上の理論) との関連において、3 次元量子重力、及び、その一般化としてのチャン・シモンズ理論の研究を行なう。具体的には、2 次元閉部分多様体上でのゲージ場の量子化で定義された状態関数から、量子ヒルベルト空間の構造を明らかにする。その後、変換関数から計算される 3 次元多様体上の位相不変量を非摂動的に構成し、物理量の真空期待値と対応させる。こうして、3 次元量子重力の可解性、繰り込み可能性、一般共変性の破れのない相の真空とその励起状態を解明する。

この論文で得られた諸結果は、ユークリッド的かつ負の宇宙定数を持つ一般相対論を含む場合に関するものである。第一に、ゲージ場のトーラス空間上での量子化において、状態関数がトーラス上における共形場理論の真空期待値とその複素共役の積の構造を持つことを示した。また、真空状態がチャン・シモンズ理論の結合定数 [これは宇宙定数と一定の関係にある] によってパラメetrize され得ることを理解した。第二に、これらの状態関数の空間は正規直交基底を持つことが示された。ここで、興味深い物理的対応が確認された。それは、状態関数の各々が、真空から、トーラスに巻き付くウィルソンループ

の演算子によって生成されることである。第三に、或る3次元時空達の類上のウィルソンループの結び目、絡み目にともなう位相不变量の計算可能性を示した。ここで或る類とは、中身の詰った2つのトーラスを張り合わせてできる境界のない3次元多様体の集まり（レンズ空間）を指す。特に、3次元球面上の簡単な結び目、絡み目を具体例として計算した。これらの位相不变量は、実際、ウィルソンループの結び目、絡み目の経路積分による真空期待値と解釈され、3次元量子重力の可解性の証拠となる。

今後、得られた結果の重力的解釈を押し進め、一般共変性の自発的破れと巨視的時空の出現のメカニズムを明らかにしたい。

#### 論文審査の結果の要旨

3次元における量子重力理論は現実の宇宙論研究のための重要な演習場である。林君は、この3次元重力理論に於ける特定の位相構造を持つ時空の波動関数群を具体的に求め、それらの間の直交性を示した。またこれらの結果が、上記の位相構造を持つ3次元空間内での、結び目や絡み目に伴う位相不变量の計算にも役立つことも指摘している。これらの成果は、量子重力理論への新しい寄与であり博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。