

## 別紙2

### 審査の結果の要旨

論文提出者氏名: 永野廉人

場の量子論は極微の世界を記述する素粒子の標準模型から、さまざまな物性系の有効理論まで、幅広い量子現象を記述する枠組みであるが、近年は境界をもつような系、もしくは、ふたつの別個の場の量子論が領域壁(domain wall)をへだてて接している場合を考察することが盛んになってきた。これは物性系においては、どのような試料も実際には境界をもつことから当然考えたい設定であるが、素粒子論側においても深く追及されるようになってきたテーマである。素粒子論においては、超対称性というフェルミオンとボゾンを入れ替える対称性を考えると、量子補正がかなりの部分相殺し、うまく選んだ物理量に関しては厳密な値を近似無しに計算できることが知られており、トイモデルまた純粹数学との観点から良く調べられている。この二つの潮流を組み合わせると、超対称性をもつ場の理論において、領域壁を考えると面白いのではないかということになる。この方向性を追及したのが、まさにこの博士論文の内容である。

より詳細に論文提出者のなしたことを述べると以下のようなになる。まず、上記のような研究のためには、考えるクラスの超対称理論の精緻な理解、および、領域壁に関してどの物理量を選びそれがどのように計算されるか、の二点が当然必要である。博士論文の前半においてはこの二点の簡潔かつ要を得たレビューが行われている。具体的には、一点目としては超対称でありかつ共形対称性をもつものを考え、二点目としては、壁がある状況でのエンタングルメントエントロピーを考察する。

次に、超対称理論においてどのような領域壁を考えるかというのが問題になる。この博士論文では、超対称理論でも特にその結合定数を場所に依存させることを考え、領域壁としては、その極限として、結合定数がある一定の値から異なる一定の値に壁の直上で跳ぶような状況を考える。これは、二つの顔が後頭部で繋がったような頭をもつローマの神ヤヌスにちなみ、しばしば Janus 系と呼ばれているため、この論文でもその用語が使われている。博士論文の中盤は、

この Janus 系で超対称性を一部保つにはどうすればよいかという問題を精密に解析している。

博士論文の後半では、このようにして構成された Janus 系のもつエンタングルメントエントロピーを計算している。これには、超対称局所化という、場の理論の無限次元の経路積分を超対称性を利用して有限次元積分に落とす強力な方法が使われている。この結果、壁からのエンタングルメントエントロピーの表式がもとめられ、さらに、それがまさに純粋数学で知られている Calabi の diastasis という量になることが示された。Calabi の diastasis は、複素多様体上において距離のように振舞う量で、純粋数学においていくつかの応用を持つことを知られている。そのため、壁のエンタングルメントエントロピーが Calabi の diastasis と結びつくという観察は、超対称性な場の理論の壁の性質のさらなる理解につながると考えられる。

以上のように、論文提出者は、近年重要性を増している場の量子論の領域壁の性質について、特に超対称性を課す事により厳密計算が可能な場合においてエンタングルメントエントロピーへの寄与を調べ、それが純粋数学でまったく別の動機から調べられていた Calabi の diastasis という量になるという重要な研究を行った。この博士論文は、すでに査読済みで学術雑誌に掲載されている論文に基づくものであり、それは他の研究者との共同研究であるが、論文提出者が大きく寄与したものである。また、博士論文審査会において、論文提出者は明快なプレゼンテーションを行い、主査、副査、その他の参加者からの鋭くまた厳しい質問に対しても、満足の行く返答をし、自身の深い理解をあきらかにした。したがって、本審査委員会は 博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。