

氏名	徐 宸原		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	理 学		
学位授与番号	博甲第	5 9 6 1	号
学位授与の日付	平成31年 3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科 数理物理学 専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Study of neutrino signal from astronomical object in Super-Kamiokande (スーパーカミオカンデにおける天体由来のニュートリノ信号の研究)		
論文審査委員	教授 吉村 浩司	教授 石野 宏和	准教授 植竹 智
学位論文内容の要旨			
<p>This thesis focus on the study of neutrino signal search in Super-Kamiokande(SK), the largest water Cherenkov detector in the world. This thesis includes two topics: one is the coincident neutrino search in SK with the first detected gravitational wave produced by a binary neutron star merger, GW170817; another is the study of the de-excitation gamma signal from Charged Current Quasi-Elastic(CCQE) interaction of atmospheric neutrino in SK.</p> <p>For the first topic, we searched for coincident neutrino events in the range from 4 MeV to 100 PeV, in a time window of ± 500 seconds around the gravitational wave detection time, as well as during a 14 day period after the detection. No significant neutrino signal was observed for either time window. The upper limits on the neutrino fluence for GW170817 were calculated at 90% confidence level. From the upward-going-muon events in the energy region from 1.6 GeV to 100 PeV, the neutrino fluence limit is $16.0^{+0.7}_{-0.6}$ ($21.3^{+1.1}_{-0.8}$) cm^{-2} for muon neutrinos (muon antineutrinos), with an error range of $\pm 5^\circ$ around the zenith angle of the source of GW170817, and the energy spectrum assumed as an index of -2. The fluence limit for neutrino energies less than 100 MeV, for which the emission mechanism would be different than for higher-energy neutrinos, is also calculated. The best limit is $6.6 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ for anti-electron neutrinos under the assumption of a Fermi-Dirac spectrum with average energy of 20 MeV.</p> <p>The second topic focus on an analysis method to directly measure the branching ratio of de-excitation gamma in CCQE interaction of atmospheric muon neutrino on Oxygen nucleus in water Cherenkov detector. The branching ratio of de-excitation gamma has not been directly measured yet, which causes not only the unreducible background component in Supernova Relic Neutrino search but also the systematic error in long baseline neutrino experiment. In this thesis, the method of searching for accompanying gamma inside muon event has been established. For the case of 300MeV/c muon, an additional 6MeV gamma can be recognized with 89% efficiency. The result of coincident search for decay electron and de-excitation gamma with SK-IV data also indicate the existence of de-excitation gamma events, which can be used as an sample for further study.</p>			

論文審査結果の要旨

本学位論文は、Super-Kamiokande (SK) を用いた、天体由来のニュートリノ信号探索の手法と解析結果についての二つのテーマの報告である。

一つ目のテーマは、2017年に米国のLIGOにより世界で初めて検出された中性子星合体由来の重力波GW170817に伴うニュートリノ信号の探索である。この重力波イベントは、それまでに観測されていたブラックホール合体由来の重力波と異なり、重力波以外にガンマ線、可視光、ニュートリノなどの放出が期待され、中性子星合体由来のマルチメッセンジャー天文学の初めての例として大きな注目を集めた。徐氏はGW170817が検出されたGPS時間付近で4 MeV から 100 GeV までニュートリノ事象探索を行った。SK のエネルギー領域によって異なる手法を適用し、重力波の観測された前後 500 秒と、可視光で観測が行われた 14 日の二種類の時間幅において探索した。その結果ニュートリノ事象は観測されなかったが、徐氏はこれらの解析をほぼ独力で行い、4 MeV から 100 GeV のエネルギー領域において、中性子星合体イベントからのニュートリノフルエンスの上限値を求めた。これは、他の実験と比べ最も厳しい上限値となっている。

二つ目のテーマは、大気ニュートリノと酸素原子核の荷電カレント準弾性散乱 (CCQE) 反応からの脱励起ガンマ線とミュー粒子が崩壊した電子の探索に関する研究である。この信号は超新星背景ニュートリノ探索において、除去が難しいバックグラウンドとなるため、その成分を詳細に見積もる必要がある。徐氏はシミュレーションを用いて酸素原子核からの脱励起ガンマ線が生成する分岐比を求める方法を開発した。

これらの成果は、今後発展が期待される天体由来のニュートリノ観測の分野において、実際に他の観測データと協調した観測を行うことでその手法を確立するとともに、また、除去が難しいバックグラウンドを理解する方法を開発した点で、貢献と意義は大きい。これらのことから本審査委員会はこの論文は、博士の学位に値すると認める。