การวิเคราะห์เวฟเลตของแอนไอโซทรอปีของคอสมิกไมโครเวฟแบ็กกราวน์

นายเอกพงษ์ หิรัญสิริสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1645-8

WAVELET ANALYSIS OF COSMIC MICROWAVE BACKGROUND ANISOTROPY

Mr. Ekapong Hirunsirisawat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Physics
Department of Physics
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic year 2004

ISBN 974-53-1645-8

Thesis Title	WAVELET ANALYSIS OF COSMIC MICROWAVE BACKGROUND ANISOTROPY
By	Mr. Ekapong Hirunsirisawat
Field of Study	Physics
Thesis Advisor	Ahpisit Ungkitchanukit, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... Dean of the Faculty of Science
(Professor Piamsak Menasveta, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Associate Professor Mayuree Natenapit, Ph.D.)

..... Thesis Advisor
(Ahpisit Ungkitchanukit, Ph.D.)

..... Member
(Burin Asavapibhop, Ph.D.)

..... Member
(Thiti Bovornratanaraks, Ph.D.)

เอกพงษ์ หิรัญสิริสวัสดิ์: การวิเคราะห์เวฟเลตของแอนไอโซทรอปีของคอสมิกไมโครเวฟแบ็กกราวน์. (WAVELET ANALYSIS OF COSMIC MICROWAVE BACKGROUND ANISOTROPY) อ. ที่ปรึกษา: อ.ดร. อภิสิทธิ์ อึ้งกิจจานุกิจ จำนวนหน้า 69 หน้า. ISBN 974-53-1645-8.

แอนไอโซทรอปีของอุณหภูมิของคอสมิกไมโครเวฟแบ็กกราวน์เป็นสนามสุ่ม (random field) บนท้องฟ้าทรงกลมที่มีคุณสมบัติทางสถิติที่เก็บข้อมูลของเอกภพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอกภพสมัยเริ่มแรก การค้นหาสัญญาณนอนเกาส์เซียน (non-Gaussian) ในคอสมิกไมโครเวฟแบ็กกราวน์ซึ่งเป็นการศึกษาคุณสมบัติทางสถิติแบบเกาส์เซียน (Gaussian statistics) เป็นวิธีการหนึ่งที่อาจจะช่วยในการศึกษาเอกภพ ในวิทยานิพนธ์นี้ เราทบทวนงานของ Vielva และผู้ร่วมงาน (ถูกตีพิมพ์ใน พ.ศ.2547) และงานของ Mukherjee และ Wang (ถูกตีพิมพ์ใน พ.ศ. 2547) ซึ่งเป็นการค้นหาความเป็นนอนเกาส์เซียน (non-Gaussianity) ในข้อมูลของคอสมิกไมโครเวฟแบ็กกราวน์จากการสังเกตของดาวเทียม WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) ในปีแรก โดยใช้เวฟเลตหมวกเม็กซิกันแบบทรงกลม (spherical Mexican hat wavelet) งานของพวกเขาค้นพบสัญญาณนอนเกาส์เซียน (non-Gaussian) ในสเกลเวฟเล็ตประมาณ 4 องศา ซึ่งเทียบเท่ากับขนาดมุมบนท้องฟ้าประมาณ 10 องศาในครึ่งทรงกลมกาแล็กซีใต้ (southern Galactic hemisphere) นอกจากนี้งานของ Mukherjee และ Wang ยังทำการบังคับค่าของพารามิเตอร์คู่ควบไม่เชิงเส้น (nonlinear coupling parameter) f_{NL} ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกระดับขั้นของความเป็นนอนเกาส์เซียนในรูปแบบของพจน์กำลังสองในเพอร์เทอร์เบชันความโค้งแบบ Bardeen (Bardeen curvature perturbation) โดยใช้ความเบ้ (skewness) ในสเกลเวฟเลตทุกสเกลในการทดสอบทางสถิติ ผลคือค่าของ f_{NL} ถูกบังคับเป็น 50 ± 80 ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 68 และน้อยกว่า 280 ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2547

4472512323 : MAJOR PHYSICS
KEY WORDS: COSMIC MICROWAVE BACKGROUND/ NON-GAUSSIANITY / WAVELET / EARLY UNIVERSE

EKAPONG HIRUNSIRISAWAT : WAVELET ANALYSIS OF COSMIC MICROWAVE BACKGROUND ANISOTROPY. THESIS ADVISOR : AHPISIT UNGKITCHANUKIT, PH.D., 69 pp. ISBN 974-53-1645-8.

The cosmic microwave background (CMB) temperature anisotropy is a random field on the spherical sky whose statistical properties keep the information of the universe, especially the early universe. The study of its Gaussian statistics, namely the search for non-Gaussian signatures, is hopefully a way complementary to others in cosmology. In this thesis, we review the search for non-Gaussianity on the WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) first-year CMB data using the spherical Mexican hat wavelet of Vielva et al. (2004) and Mukherjee and Wang (2004). Their results are positive; the non-Gaussian signal was found at the wavelet scale around 4^o ($\sim 10^o$ in the sky) in the southern Galactic hemisphere. In addition, the nonlinear coupling parameter f_{NL}, which reflects the degree of non-Gaussianity in the form of the quadratic term in the Bardeen's curvature perturbations, was constrained in Mukherjee and Wang using the skewness at all wavelet scales. Their results constrained f_{NL} to be 50 ± 80 at 68% confidence, and less than 280 at 99% confidence.

Department Physics — Student's signature Ekapong Hirunsirisawat

Field of study Physics — Advisor's signature Ahpisit Ungkitchanukit

Academic year 2004

Acknowledgements

I am very grateful to Dr. Ahpisit Ungkitchanukit, my advisor, for his supports throughout my thesis. He has taught me a beautiful way in learning physics and encouraged me to explore in many areas of physics.

I would like to thank Dr. Auttakit Chattaraputi for his encouragement and giving me the active feeling in the physics research.

I am indebted to Dr. Rujikorn Dhanawittayapol for his encouragement. I am very grateful to Dr. Songkiat Sumetkitjakan for kindly teaching the wavelet analysis in his course.

Many thanks to Rangsima Chanphana, Wirin Sonsrettee, and all others in our group for their supports and discussions.

I acknowledge Assoc. Prof. Dr. Mayuree Natenapit, Dr. Burin Asavapibhop and Dr. Thiti Bovornratanaraks, my thesis committee, for dedicating their time to examine my thesis.

I sincerely thank Raksapol Thananuwong and Piyanete Chuychai for giving me some tools for writing this thesis.

I would like to thank all friends for their encouragements. I would like to thank Sakulraya Kuekul. Finally, I would like to send my best thanks to my parents and everyone in my family. Without them, I would not be able to overcome many problems in my life.

Table of Contents

Chapter page

page

List of Figures

Figure **page**

Figure page

Figure page

List of Symbols

T	CMB temperature
$\Delta T/T$	CMB temperature anisotropy
H	Hubble expansion rate
t	cosmic time
l	multipole moment
P	pressure
ρ	energy density
G	Newtonian gravitational constant
R	wavelet scale
$S(R)$	skewness spectra
$K(R)$	kurtosis spectra
f_{NL}	nonlinear coupling parameter