

学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな)	ユマ スラポン
氏 名	Yuma Suraphong
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
(学位論文題目) Intrinsic Structure of Star-Forming BzK Galaxies (星形成BzK銀河の真の構造)	
	(主査) 太田 耕司 教授 長田 哲也 教授 岩室 史英 准教授

京都大学	博士（理学）	氏名	Yuma Suraphong
論文題目	Intrinsic Structure of Star-Forming BzK Galaxies (星形成BzK銀河の真の構造)		
(論文内容の要旨)			
現在の宇宙に見られる円盤銀河（渦巻銀河）がどのようにして形成され進化してきたかは、現代天文学の大きな謎の一つである。申請者は、円盤銀河の約 100 億年前の祖先であると考えられる星形成 BzK 銀河の真の形を観測的に探り、その構造が予想に反して丸い円盤ではなくむしろ棒構造をしていることを初めて見出した。 セクション I では、まず、円盤銀河の形成進化の理論的シナリオを概観し、次に観測的な研究状況を概観している。観測的には、赤方偏移が 1（約 80 億年位昔、宇宙年齢が 60 億年の時代）以降の宇宙では円盤銀河は既に存在しており、その基本的構造に質的な違いは見られない。しかし、一方で赤方偏移 3（120 億年前、宇宙年齢 20 億年頃）以上の宇宙では、明らかに円盤銀河と考えられるような銀河が存在しないことから、この間に円盤銀河ができたものと考えられることを示している。実際、星形成 BzK 銀河という B-z と z-K の 2 色図上から選択される赤方偏移が 2 付近の銀河には、現在の円盤銀河に見られる性質を見せるものがあり、できかけの円盤銀河ではないかと考えることができるとしている。しかし、その真の構造が円盤なのかどうかを形の上から議論した例はなく、これを調べるという研究の動機づけがされている。また、そのための手法の原理を説明し、これを用いて、現在の円盤銀河の真の 3 次元の構造（形）を統計的に導く適用例を解説している。 次のセクションでは、観測データソースとサンプル銀河のセクションについて述べられている。また、画像から得られた銀河の測光データからスペクトルエネルギー分布を作成し、これと銀河スペクトル進化モデルとを使って、測光的赤方偏移、銀河の星質量等を導出している。そして、サンプル銀河の画像をハッブル宇宙望遠鏡で得られた画像で同定し、このうち、銀河相互作用のみられない解析に適した銀河を選んでいる。この最終サンプル銀河の静止系紫外域での面輝度分布をモデルを使ってフィッティングし、銀河のサイズと動径輝度分布の指標（Sersic index, n）を導出している。この指標の値としては n=1 付近のものが多く、現在の円盤銀河と同じ値を示すものが多いことを見出している。また、サイズと星質量の比較から、星質量面密度を計算し、これも現在の円盤銀河での値に近いことを示している。これらの結果と過去の研究結果から、星形成 BzK 銀河は円盤銀河であろうと予想される。申請者は、その真の構造が円盤であるのかどうかを、BzK 銀河のみかけの軸比分布と 3 次元構造の投影モデルのそれとを比較することによって検証している。その結果、これらの銀河は統計的には丸い円盤ではなく、むしろ棒状の構造をしていることを見出した。なお、これらの諸量の導出にあたっては、人工天体を使ったシミュレーションを行うことによって、選択効果がないこと、精度は十分あること等についてきちんと検証が行われている。 セクション 3 では、他の天域で同様の解析を行い、同じ結果を得ている。この天域では、静止系で可視域での構造も調べており、紫外域で得た結果とほとんど同じ結果を得ている。 最後に、この棒構造が何故できたのか、棒構造がどうやって丸い円盤構造になっていくのかについて議論を試みている。棒構造の形成の原因として、いくつかの可能性を検討し、ダークマターハローの密度分布と星やガスを構成するバリオンの密度分布の違いから棒状不安定を起こした可能性、銀河相互作用によって棒構造が形成された可能性を指摘している。一方、現在の円盤銀河に進化するためには、ガスリッチな銀河合体によって円盤を形成するシナリオや銀河中心の巨大ブラックホールないしはバルジによって棒がほどけて円盤に進化する可能性を指摘している。			

(論文審査の結果の要旨)

円盤銀河(渦巻銀河)がいつどのように形成されたかは、現代天文学の大きな謎の一つである。理論的モデルは先にバルジができて後からガスが降着してそこで星を徐々に作って円盤となるという説や、最近では、ガスが豊富な銀河同士の合体過程で、大量のガスが比較的ゆっくりと星に変換されていって円盤となるといったいくつかのモデルが提出されているが、まだ形成時期も含めてははっきりしていない。また、当然と言えば当然かもしれないが、このようなモデルで想定しているプロセスでは素朴に丸い「円」盤が形成されると想定している。観測的には、赤方偏移が1以降の宇宙では円盤銀河は普通に存在しているが、赤方偏移3より昔の宇宙では、明らかに円盤銀河の先祖と考えられるような銀河は存在していない。すなわち、この間の数十億年の間に円盤銀河が形成されたものと考えられる。

近年、星形成 BzK 銀河という $B-z$ と $z-K$ の2色図上から選択される赤方偏移が2付近の銀河には、現在の円盤銀河に見られる性質を見せるものがかなりあることがわかってきた。例えば、電離ガスの運動を調べると回転運動していること、しかし、速度分散が現在の円盤銀河のそれより多少大きいことがわかってきた。これは、厚い円盤であることを示唆する。また、本研究を含めて、面輝度分布が指数関数的で(Sersic index=1)、現在の円盤銀河と同じ性質を示すことも知られつつある。更に、銀河の星質量とサイズから計算される星質量の面密度も現在のそれとほとんど同じである。申請者はこれらの観測事実を自ら導出しており、この点がまず評価できる。普通ならここで、赤方偏移2付近のこれら星形成 BzK 銀河は、形成途上にある円盤銀河であると結論づけるところであると考えられるが、申請者は結論を急がず、むしろ本当に円盤構造をしているのかどうか、その真の構造を調べるという問題に取り組んだ。このような研究はこれまで高赤方偏移の銀河に対してはきちんとなされておらず、この点で非常に高い独自性がある。とはいえ個別の銀河の真の形を知ることは不可能なため、みかけの軸比分布をもとに、3軸不等楕円体をいろいろな報告から投影した時のそれとを比較することで、統計的に真の構造を調べるという手法をとっている。

その結果、星形成 BzK 銀河は丸いいわゆる「円」盤ではなく、また厚い円盤でさえなく、むしろ棒状の構造をしていることを見出した。この発見は全く意外で、驚くべき結果である。仮に本当のこのタイプの銀河が円盤銀河に進化するとするとどうやって「円」盤になるのか?そもそもなぜこのような構造が形成されたのか?大きな謎を提出することになった。申請者はこれらの点について可能な解釈を議論している。一つの解釈である、ハロー中でのダークマター分布とバリオン分布の違いによる棒状不安定であったとすると、物質の分布を作り出すプロセスに観測的制限をつけることができる可能性があり面白い。銀河相互作用の形跡を残したままの状態という可能性も指摘しているが、もしそうなら、相互作用と円盤銀河形成の関係の研究に大きな一石を投じたことになるだろう。しかし、いずれにしても、まだ解釈については、今後の研究を待たなければならないだろう。

このようなモデルを使った銀河形状の解析は、高赤方偏移の銀河については初めての事であり、銀河進化の問題に一つの新たな視点を導入すると共に、新たな謎を生んだという意味で、非常に独創性の高い研究である。仮にこの銀河が円盤銀河の先祖でないとしても、このような銀河が多く存在するという結果は残り、何故そのような構造が形成されたのかという問題を提示したことになる。当然、この時代より前の時代、後の時代での構造との関係が問題になり、今後こういった研究が行われる端緒となったと考えられる。新たな視点と謎を提出したという点で世界的にも非常にユニークな研究であると考えられ、高く評価できる。

このように、申請者は星形成 BzK 銀河の基本的な構造について明らかにすると共に、独自のアプローチによって予想外の結果を発見し、新たな問題を顕在化させたとと言える。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年7月1日、論文内容とそれに関連した口頭試問を行い、その結果合格と認めた。