

平成 23 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：LCGT データ解析の研究およびシステム検討 英文：Study for LCGT data analysis and Research for its System																																																						
研究代表者	神田展行・教授・大阪市立大学																																																						
参加研究者	田越秀行・助教・大阪大学大学院理学研究科 高橋弘毅・講師・山梨英和大学人間文化学部人間文化学科 大原謙一・教授・新潟大学自然科学系 端山和大・研究員・国立天文台重力波プロジェクト推進室 伊藤洋介・助教・東北大学大学院理学研究科 Wei-Tou Ni・教授・上海師範大学・天体物理総合研究センター Ping Xi・講師・上海師範大学・天体物理総合研究センター 岡田雄太・M1・大阪市立大学大学院理学研究科 平沼悠太・D1・新潟大学大学院自然科学研究科 Luca Baiotti・特任助教・大阪大学レーザーエネルギー学研究センター																																																						
研究成果概要	<p>本研究は、一般相対論の重要な予言である「時空の歪みの波」である重力波の検出をめざす KAGRA 実験（申請時の呼称は LCGT）において、</p> <p>(1) 主要な重力波源からの重力波イベントについてのデータ解析（検出方法、得られる物理、検出ソフトウェアの作成と実装）の研究</p> <p>(2) ソフトウェアとハードウェア両面について解析システム検討を行った。</p> <p>1. KAGRA 実験で目標とする主要な重力波イベント（重力波源）は、コンパクト連星合体、バースト重力波、連続波、背景重力波である。これらの検出方法については従来の研究から典型的な解析方法が提案されている。本年度はこれらの解析に必要な計算能力の算出もおこなった。もっとも計算能力を必要とするコンパクト連星合体については、KAGRA の干渉計デザインや veto 解析などのオプションにも依存するが、おおむね数 TFlops の能力が必要と見積もられた（表 1）。また、バースト解析、連続波も 1 TFlops 程度と概算された。</p> <p style="text-align: center;">表 1：コンパクト連星合体探索に必要な計算能力</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">noise model</th> <th>$m_{\min}[M_{\odot}]$</th> <th>$m_{\max}[M_{\odot}]$</th> <th>N_{temp}</th> <th>$P_{\text{comp}}(\text{no } \chi^2)[\text{flops}]$</th> <th>$P_{\text{comp}}(\text{with } \chi^2)[\text{flops}]$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VRSE-B</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>1.4×10^5</td> <td>2.3×10^{10}</td> <td>1.8×10^{11}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-B</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>7.0×10^5</td> <td>1.1×10^{11}</td> <td>8.8×10^{11}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-B</td> <td>0.2</td> <td>3</td> <td>1.8×10^7</td> <td>3.4×10^{12}</td> <td>2.7×10^{13}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-B</td> <td>0.2</td> <td>100</td> <td>3.1×10^7</td> <td>5.8×10^{12}</td> <td>4.6×10^{13}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-D</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>1.2×10^5</td> <td>1.9×10^{10}</td> <td>1.5×10^{11}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-D</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>5.9×10^5</td> <td>1.0×10^{11}</td> <td>8.0×10^{11}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-D</td> <td>0.2</td> <td>3</td> <td>1.6×10^7</td> <td>3.0×10^{12}</td> <td>2.4×10^{13}</td> </tr> <tr> <td>VRSE-D</td> <td>0.2</td> <td>100</td> <td>2.7×10^7</td> <td>5.0×10^{12}</td> <td>4.0×10^{13}</td> </tr> </tbody> </table>	noise model	$m_{\min}[M_{\odot}]$	$m_{\max}[M_{\odot}]$	N_{temp}	$P_{\text{comp}}(\text{no } \chi^2)[\text{flops}]$	$P_{\text{comp}}(\text{with } \chi^2)[\text{flops}]$	VRSE-B	1	3	1.4×10^5	2.3×10^{10}	1.8×10^{11}	VRSE-B	1	100	7.0×10^5	1.1×10^{11}	8.8×10^{11}	VRSE-B	0.2	3	1.8×10^7	3.4×10^{12}	2.7×10^{13}	VRSE-B	0.2	100	3.1×10^7	5.8×10^{12}	4.6×10^{13}	VRSE-D	1	3	1.2×10^5	1.9×10^{10}	1.5×10^{11}	VRSE-D	1	100	5.9×10^5	1.0×10^{11}	8.0×10^{11}	VRSE-D	0.2	3	1.6×10^7	3.0×10^{12}	2.4×10^{13}	VRSE-D	0.2	100	2.7×10^7	5.0×10^{12}	4.0×10^{13}
noise model	$m_{\min}[M_{\odot}]$	$m_{\max}[M_{\odot}]$	N_{temp}	$P_{\text{comp}}(\text{no } \chi^2)[\text{flops}]$	$P_{\text{comp}}(\text{with } \chi^2)[\text{flops}]$																																																		
VRSE-B	1	3	1.4×10^5	2.3×10^{10}	1.8×10^{11}																																																		
VRSE-B	1	100	7.0×10^5	1.1×10^{11}	8.8×10^{11}																																																		
VRSE-B	0.2	3	1.8×10^7	3.4×10^{12}	2.7×10^{13}																																																		
VRSE-B	0.2	100	3.1×10^7	5.8×10^{12}	4.6×10^{13}																																																		
VRSE-D	1	3	1.2×10^5	1.9×10^{10}	1.5×10^{11}																																																		
VRSE-D	1	100	5.9×10^5	1.0×10^{11}	8.0×10^{11}																																																		
VRSE-D	0.2	3	1.6×10^7	3.0×10^{12}	2.4×10^{13}																																																		
VRSE-D	0.2	100	2.7×10^7	5.0×10^{12}	4.0×10^{13}																																																		

2. バースト解析や連星合体解析では、検出器装置や外乱による非定常雑音が誤認識の原因となる。そのため、環境モニターを含む検出器の多くの信号を処理して、データの質を素早く評価することが必要である。このための開発として、神岡において開発中の KAGRA のデジタル制御システムと同様のシステムを用いた検出器評価システムを国立天文台に一組設置して開発を進めた。

3. 連続波や天体起源の背景重力波の解析の一つとして、距離が離れた複数台の検出器（ここでは KAGRA と海外の検出器を想定する）の時間差を利用して天球を探索するラジオメトリ解析という手法が提案されている。我々はこれについて乙女座銀河団がマップ上でホットスポットになる可能性を指摘した(Phys. Rev. D 84, 083007)。また数値シミュレーションによる確認(arXiv:1112.3090)や、実データを処理するプログラムも開発した。

4. ラジオメトリや連星合体の計算高速化に GPGPU(グラフィック処理ユニットによる汎用計算)の利用を検討し、コード開発に着手した。

5. KAGRA の建設段階(iKAGRA, bKAGRA)に沿って、オンライン処理やデータ解析の計算機の仕様策定を進めた。図 1 に KAGRA のデータフローの概観を示す。

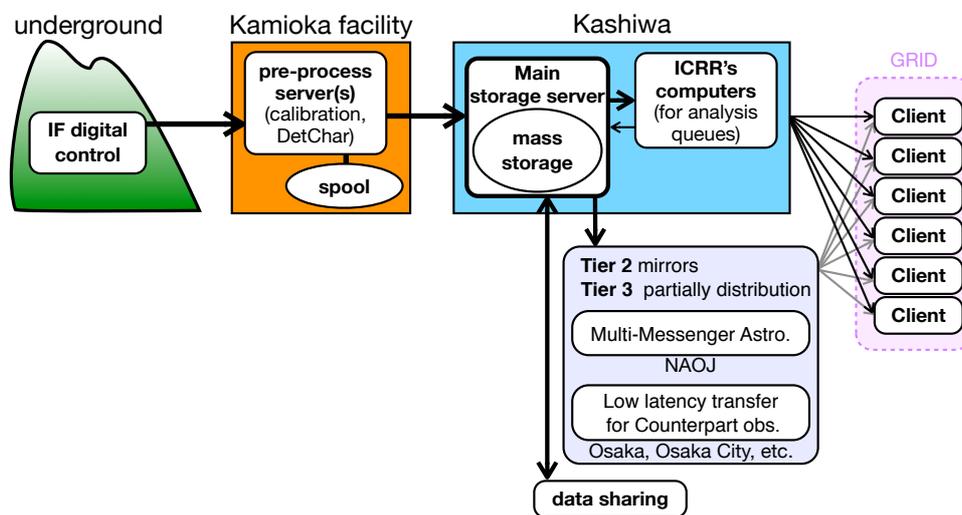


図 1 : KAGRA データフローの概観