

MAXI-DB(Monitor of All-sky X-ray Image Database)の高速化

日本大学宇宙数理解析研究室, 浅田 真

asada@cygnus.phys.cst.nihon-u.ac.jp

平成 23 年 8 月 29 日

概要

国際宇宙ステーション (ISS) に搭載している全天 X 線監視装置 MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) のデータは、MAXI-DB によって管理されている。MAXI-DB は、観測した X 線イベントをイベントごとに解析し、時刻・飛来方向・エネルギーなどを保存する。この DB データは、新天体発見の際に、過去のデータと比較する時にも使われる。しかし、過去の膨大なデータを取り寄せる時に時間がかかるため、高速に DB 検索を行えるようにしたい。一つの天体データは、スキャン観測の為、ハードディスクに分散して保存される。そのため、シークタイム・サーチタイムの影響を受けやすい DB 高速検索技術のインデックス機能は使用していない。そこで、DB 記憶媒体にリードタイムが非常に短い SSD を用いることで、高速に検索が行えるかを検証している。また、シーク・サーチタイムの影響を考慮した、クラスター化インデックス機能の性能を同時に検証した。測定の結果、SSD の検索速度は HDD の時と比べ 10~100 倍早くなった。クラスター化インデックスも高速に検索を行い、SSD と同等の結果が出た。この結果を踏まえて、SSD を MAXI-DB のアーカイブとして使うことを検討中である。

1 MAXI

宇宙には、X 線を放射する高エネルギー天体が数多く存在する。X 線を観測することにより、その天体の正体 (ブラックホールや中性子星など) や、高速ジェット放出などの現象を知ることができる。しかし高エネルギー天体は変動が激しく、千載一遇の観測のチャンスを逃さないためには、絶えず全天を見張る監視が必要である。そのために開発されたのが、国際宇宙ステーション「きぼう」に搭載される全天監視装置 (MAXI:マキシ) である (図 1・2 参照)。

MAXI の特徴

- 92 分で地球を回り全天を観測する
- 観測した X 線イベントは、X 線ごとに解析・保存する
- 突発天体を発見したら、世界に向けて速報する (<http://maxi.riken.jp/top/>)

2 MAXI-DB

MAXI で観測したデータは、地上処理系 (図 3) に送られる。MAXI-DB は、常時送られてきたデータを X 線イベントごとに解析し、突発天体発見システム等に解析データの送信を行い、DB に保存する。また、同システムは NovaSearch からの過去データの問い合わせに対し、データの転送を行うシステムである。

3 高速化の目的

X 線観測により突発天体を発見したとき、確認のために過去データと比較を行う。変動が短い天体に対しては、過去 1 日程度のデータと比較を行い、変動が長い天体に対しては、過去 10~20 日程度のデータと比

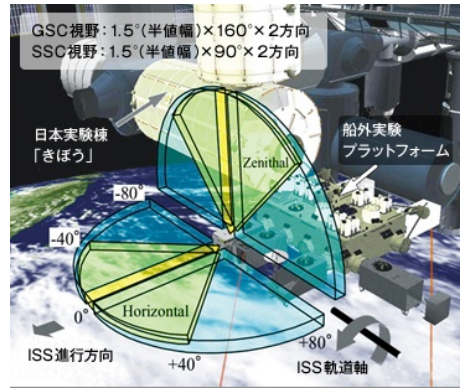
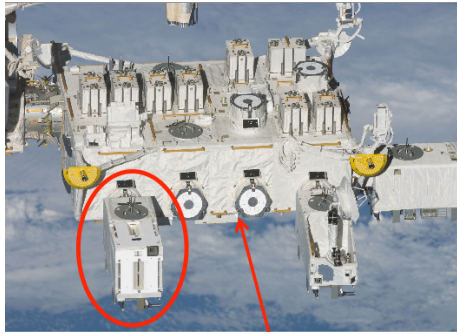


図 1: 矢印:「きぼう」、赤丸: MAXI (JAXA のホームページから引用)

図 2: MAXI 搭載カメラ GSC と SSC の視野 (MAXI チームから提供)

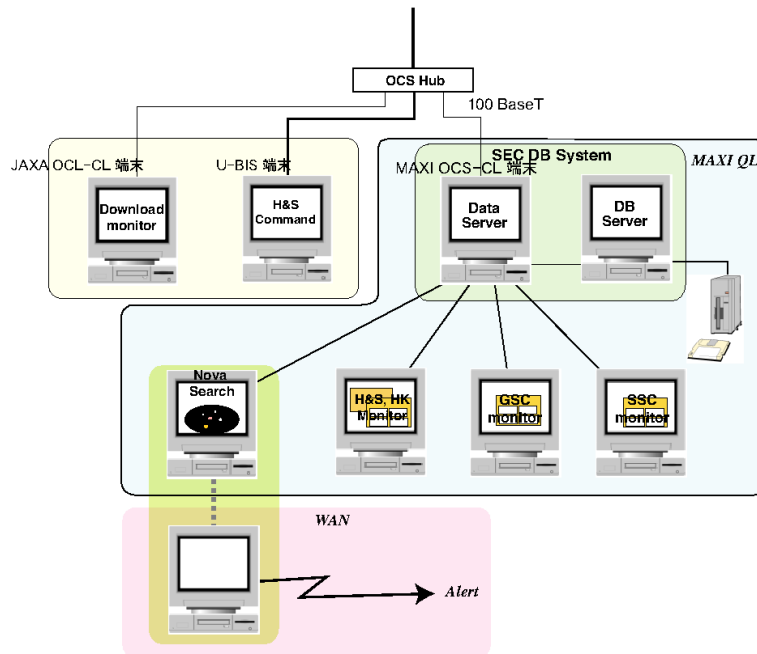


図 3: 地上処理系の概略図 (MAXI 中間報告書 (2005/03) から引用)

較を行う。この時、過去数十日のデータは膨大であるため、DB から読み出すのに ~30 分の時間がかかっている。この読み出し処理を高速にするのが本研究の目的である。

4 高速化の原理

現在、MAXI-DB の記憶媒体には、HDD が使われている。MAXI-DB は、スキャン観測された順番でデータを保存しているため、位置のデータが媒体内で分散して保存する。そのため、一定範囲の天体情報を検索する際に分散したデータを取り出すため、シークタイムとサーチタイムの影響を受け、時間がかかる。SSD は HDD と比べ、シークタイム・サーチタイムなどの物理要素が無いので、リードタイムが非常に短い。SSD を記憶媒体に用いることで、DB 検索が高速になると考えられる。

また、MAXI-DB では原理上不向きであったため使われてはいないが、DB 検索の高速化技術であるインデックス機能とクラスター化インデックス機能を以下に紹介する。

4.1 HDD

HDD(Hard Diske Drive) は、磁気を持ったガラスや金属の円盤を高速回転させ、磁気ヘッドを使い、データの読み書きを行う記憶媒体である。

特徴は、データ読み・書き時の時間に、磁気ヘッドが円盤上を移動するシークタイムと、円盤の回転時間であるサーチタイムの物理的な移動の遅れが影響する。

4.2 SSD

SSD(Solid State Drive) は、記憶媒体にフラッシュメモリを用いた記憶媒体である。HDD とは異なり、シーケンシャルタイムとサーチタイムがなく高速にアクセスが出来る記憶装置である。HDD よりも消費電力が少ない・衝撃に強い長所を持つ一方、記憶容量あたりの単価が高額である・書き込み回数に上限があるなどの短所も持つ。

4.3 インデックス

テーブルデータ (表 1) を読みに行く前にあらかじめ用意しておいたインデックステーブル (表 2) を参照して、テーブルのデータを参照しに行く機能である。インデックステーブルを参照した後、テーブルデータを検索しに行くので、テーブルデータを全て参照することが無くなり、検索に関係のないデータを飛ばして高速に検索を行える。

MAXI-DB に不向きな理由は、MAXI-DB がスキャン観測された順番でデータを保存しているため、位置のデータが媒体内で分散して保存されている事と、データ量が多すぎるために、インデックステーブルを参照する回数が増え、HDD のシークタイム・サーチタイムの影響を大いに受けてしまい、高速に検索できないからである。

4.4 クラスター化インデックス

インデックス機能において、参照するテーブルデータのポインタ (テーブルデータのアドレス) がランダムだったのに対して (表 1 参照)、アドレスをインデックステーブルに沿って並べ直して検索する機能である。

これにより、インデックスデータ (表 4) を参照し、テーブルデータ (表 3) を検索するとき、シークタイム・サーチタイムの影響が減り、高速に検索が出来る。

表 1: テーブルデータ

アドレス	R.A.	Dec	...
0xa321	240.32	-15.22	
0x0023	120.82	5.20	
0x238f	60.3	40.232	
0x32ac	260.77	12.008	
0xc860	244.22	-14.86	
0x1aa3	309.56	-30.85	
0x0030	84.21	32.11	
0x45a4	87.55	8.44	
0x8544	244.19	-15.677	

表 2: インデックステーブル

R.A.	Dec	参照アドレス
60.3	40.232	0x2381
84.21	32.11	0x0030
87.55	8.44	0x45a4
120.82	5.20	0x0023
240.32	-15.22	0xa321
244.19	015.677	0x8544
244.22	-15.86	0xc860
260.77	12.008	0x32ac
309.56	-30.85	0x1aa3

MAXI-DB に不向きな理由は、クラスター化において、新たなデータが DB に加わったとき再クラスター化を行わなければならないので、常時データを保存している MAXI-DB には使えない技術である。

表 3: テーブルデータ

アドレス	R.A.	Dec	...
0xa004	240.32	-15.22	
0xa003	120.82	5.20	
0xa000	60.3	40.232	
0xa007	260.77	12.008	
0xa006	244.22	-14.86	
0xa008	309.56	-30.85	
0xa001	84.21	32.11	
0xa002	87.55	8.44	
0xa005	244.19	-15.677	

表 4: インデックステーブル

R.A.	Dec	参照アドレス
60.3	40.232	0xa000
84.21	32.11	0xa001
87.55	8.44	0xa002
120.82	5.20	0xa003
240.32	-15.22	0xa004
244.19	015.677	0xa005
244.22	-15.86	0xa006
260.77	12.008	0xa007
309.56	-30.85	0xa008

5 測定環境

DB の記憶媒体には、HDD と SSD を用いた。DB 内に MAXI が観測した 1 日分のデータを入れ、天体周辺のデータの検索を行った。検索は、明るい天体として Sco X-1・数 100mCrab である Swift J1753.5-0127・バックグラウンドとして周囲に天体が無い場所等で行った。ここでは、周囲に他の天体無く、数 100mCrab である超新星残骸 Cas A 周辺の X 線イベントを検索した結果をのせる。

5.1 装置

5.2 DB テーブル

テーブル各々には、MAXI で観測した 1 日分のデータが保存してある。テーブルには時刻・ID・飛来方向・X 線強度などの要素があり、時刻と ID で主キーを形成している。以下に測定に用いたテーブルの特徴を示す。

normal : 現在使われている MAXI-DB と同じテーブル構造

index : normal に対して、(赤経, 赤緯)の複合インデックスを加えた構造

表 5: 装置情報

HDD	メーカー	日立
	品名	HGST HDS722020ALA330
	RAID	5
	サーチタイム	4ms
SSD	メーカー	SUPER TALENT
	品名	RAIDDrive GS
	RAID	0
	アクセスタイム	0.1ms
DB	PostgreSQL-9.0.1	

cluster : index に対して、(赤経, 赤緯)の複合インデックスでクラスター化した構造

5.3 測定方法

測定方法は以下の手順で行った。データを取り出す際に、過去取り出したデータが記憶媒体のキャッシュやメモリに残っている事が考えられるので、1度取り出しを行ったら再起動し、キャッシュとメモリを削除した。

1. DB の起動
2. DB 検索時間測定プログラムの起動
3. DB の停止
4. コンピュータの再起動
5. 1 に戻る

6 測定結果

超新星残骸 Cas A 周辺の X 線イベントを取り出すのにかかった時間結果を以下に示す。図 4 は記憶媒体に HDD を用い、図 5 は記憶媒体に SSD を用いた結果である。横軸は、Cas A 中心からの検索半径である。縦軸は、上段：検索総時間・中段：1 イベント取り出すのにかかる時間・下段：取り出したイベント数である。

7 これまでで分かったこと

normal テーブル検索において、記憶媒体が HDD の時 (図 4) は、検索半径に関係なく、およそ 100 秒でデータ検索を行った。検索時間が一定なのは、テーブル内の全データを検索しているからである。一方の SSD (図 5) は、検索数に多少の影響があるものの、検索時間は 10 秒以下で検索を行った。

SSD には、シーク・サーチタイムが無いのでインデックス機能は有効かと思っただが、検索数増加に伴い、normal と変わらない検索時間なので、SSD でもインデックスは使わない方が良いと考えられる。

クラスター化を行ったことで、HDD でも SSD と同等の高速検索を行った。この結果を考慮して、クラスター化を行った HDD で MAXI アーカイブを作成することを検討中である。

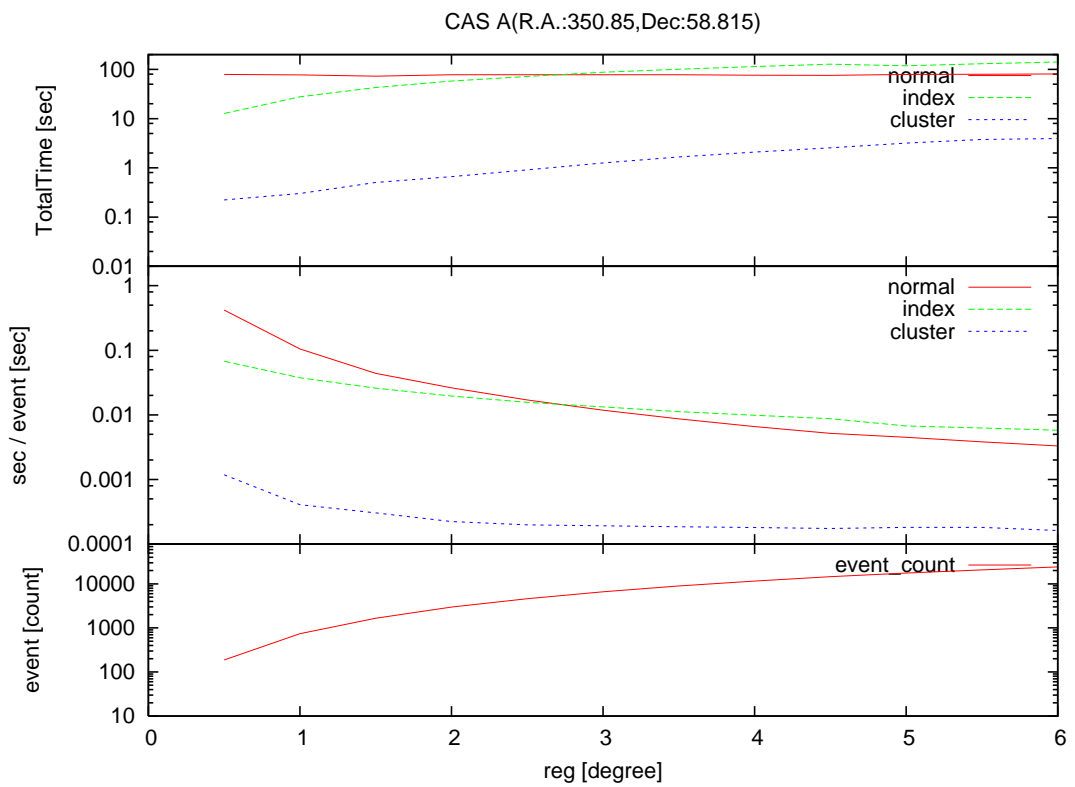


図 4: 記憶媒体 HDD のとき、Cas A 周辺のイベントを取り出すのにかかった時間の関係。横軸：Cas A からの検索半径, 縦軸：上段 → イベントを取り出すのにかかった総時間 (normal:現在の検索方法,index:インデックス機能を用いた検索方法, cluster:クラスター化インデックスを用いた検索方法), 中段 → イベント 1 つ取り出すのにかかった時間, 下段 → 取り出したイベント数

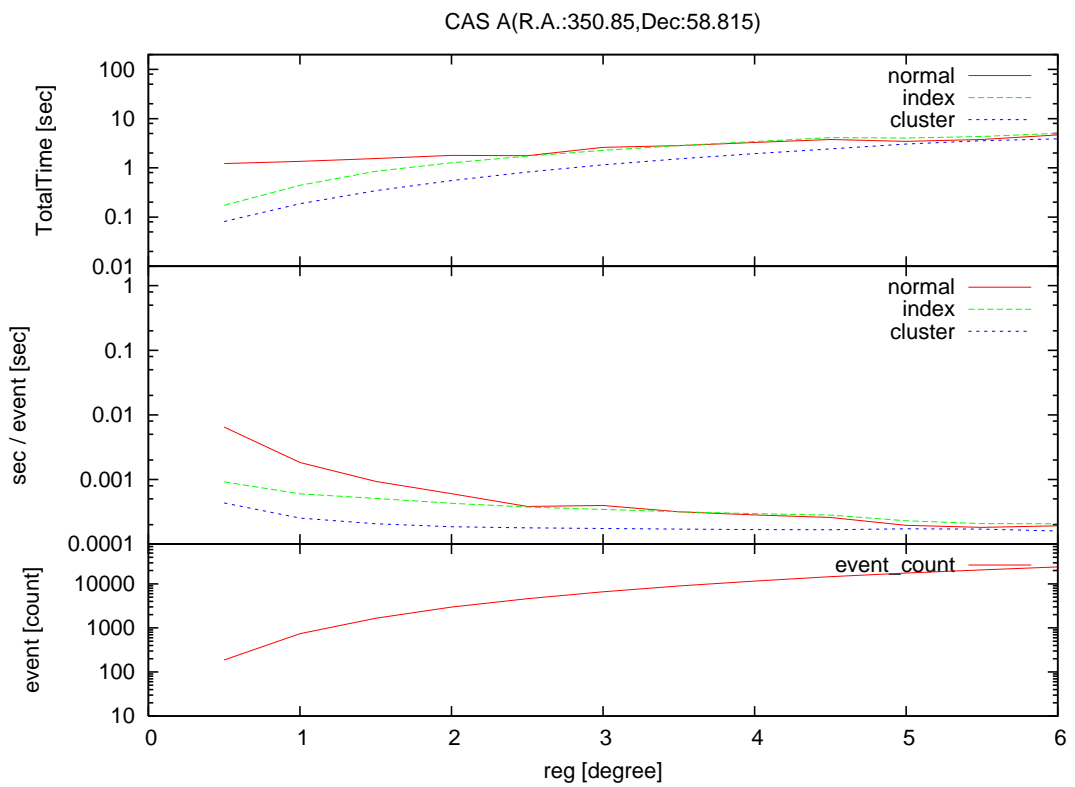


図 5: 記憶媒体 SSD のとき、Cas A 周辺のイベントを取り出すのにかかった時間の関係。横軸：Cas A からの検索半径, 縦軸：上段 → イベントを取り出すのにかかった総時間 (normal:現在の検索方法, index:インデックス機能を用いた検索方法, cluster:クラスター化インデックスを用いた検索方法), 中段 → イベント 1 つ取り出すのにかかった時間, 下段 → 取り出したイベント数

過去 2~3ヶ月のデータを SSD で保存し、突発天体発見の際に行っている過去データと比較を、SSD から行うことを検討中である。