

## 一貫性を考慮した Cassandra の処理性能に関する考察

菱 沼 直 子<sup>†</sup> 竹 房 あ つ 子<sup>††</sup>  
中 田 秀 基<sup>††</sup> 小 口 正 人<sup>†</sup>

### 1. はじめに

近年、クラウドコンピューティングの普及や、分散環境における一貫性の制限を緩和して処理性能を重視するアプリケーションが多く開発されている事に伴い、個人が生み出す情報が大量にネットワーク上に保存されるようになり、そのデータ量が爆発的に増加している。それに伴い、従来のデータベース管理システムである RDBMS ではデータの格納や処理の柔軟性に不満が出る場面があり、NoSQL と呼ばれる新しいデータベース管理システムが注目され始めた。しかし、多くの NoSQL の実装は未だ発展途中であり、傾向や性能が十分に把握されていない。そこで、本研究では NoSQL の実装の一つであり、複雑なデータ管理が可能な Apache Cassandra<sup>1)</sup> と呼ばれる分散データベースに着目する。Cassandra の傾向を明確にするため、YCSB<sup>2)</sup> ベンチマークツールを用いて書き込みや読み出し処理の際に生じる遅延を測定、評価する。

### 2. Apache Cassandra の概要

本研究では、KVS(Key-Value Store) 型データベースである Apache Cassandra に着目した。Apache Cassandra(以下 Cassandra) は、Facebook 社が開発した分散データベース管理システムである。RDBMS や他の NoSQL でもあまり見られない Cassandra 固有の特徴として、必要とする一貫性のレベルをクライアントがクエリに記述することで、自由に設定することが出来るという点が挙げられる。一貫性の強さと性能は一般にトレードオフの関係となっており、ユーザが一貫性のレベルを自由に設定できることから、ユーザが必要とする一貫性の程度と性能のバランスを考え、レベルを決定する必要がある。このための判断指標を

提供する事が、本研究の目的の一つである。

Cassandra では、クライアントが書き込みと読み出しの両方において一貫性のレベルを指定することにより、一貫性の強さを制御することができる。一貫性の強さの指標の一つは  $R + W > N$  という式を満たしているかどうかで判断可能である。ここで  $R, W, N$  はそれぞれ、読み出しレプリカ数、書き込みレプリカ数、レプリケーション数であり、レプリケーション数が複製の数、読み出しレプリカ数と書き込みレプリカ数はそれぞれ、いくつの複製を読み出しましたまたは書き込みした時点で処理の完了とみなすかを表す。例えば、読み出しと書き込みの一貫性レベルを共に 2 と指定した場合には、読み出しレプリカ数、書き込みレプリカ数が共に 2 になる。この式を満たさない場合、Eventual Consistency (結果整合性) と呼ばれる弱い一貫性となり、この場合、書き込みの直後に読み出しを行うと、書き込みの結果が反映されていない結果が読み出される可能性がある。一方、この式を満たす場合を Strong Consistency (強一貫性) と呼び、読み出し時に、先行する書き込みの結果が反映されていることが保証される。

### 3. 実験概要

本研究では、ユーザが一貫性レベルを決定するときの判断指標を作成するため、一貫性レベルを変化させると Cassandra の振舞いどのような影響が生じるか調査した。実験では、ノード数が 5 台の Cassandra クラスタを構築し、YCSB を用いて書き込みや読み出しに掛かる遅延を調査した。測定では、Cassandra の一貫性レベル、YCSB のスレッド数を設定する。

クラスタのワーカノードとしては、Dell PowerEdge SC1430, CPU が Quad-Core Intel(R)Xeon(R) 1.6GHz, Memory が 2.0GB, OS が Linux2.6.9-55.0.2.EL(CentOS4.5) を用いた。YCSB クライアントとして利用したマスターノードには、HP WorkStation xw8200, CPU が Intel(R)Xeon(R) 3.6GHz, Memory が 4GB, OS が Linux2.6.9-55.0.2.EL(CentOS4.5) を用いた。

<sup>†</sup> お茶の水女子大学  
Ochanomizu University

<sup>††</sup> 産業技術総合研究所  
National Institute of Advanced Industrial Science and  
Technology (AIST)

今回の測定で用いたパラメータを表 1 にまとめた。Cassandra では、一貫性レベル（一貫性）を設定し、（読／書）では、読み出し、書き出しに対して一貫性レベルをどう指定したかが記述されている。測定には書き込みオンリーと読み出しオンリーのワークロードを使用した。

表 1 本実験の測定の概要

設定	パラメータ	一貫性
Cassandra	レプリカ数	3
	一貫性	ONE TWO ALL
	(読/書)	それぞれで指定
YCSB	レコード数 (1レコード 1KB)	100 万件
	オペレーション数	10 万件

#### 4. 一貫性を考慮した性能測定、評価

測定では、Cassandra 側の設定がレプリケーション数は 3、一貫性レベルは ONE、TWO、ALL と変化させる。一貫性レベルは読み出しと書き込みそれぞれでレベルを指定した。それ以外の設定は表 1 の（一貫性）に示したとおりである。

##### 4.1 性能測定結果・評価

図 1 に、書き込みオンリー、読み出しオンリーのワークロードを用いた際の読み出し、書き込み処理時に生じる遅延の平均値を示す。縦軸が各処理の際に生じる遅延 (ms)、横軸が設定した一貫性レベル（読み出しの際の一貫性レベル\_書き込みの際の一貫性レベル）となっている。図 1 の測定では、書き込みと読み出し共に同一の一貫性レベルを指定した。

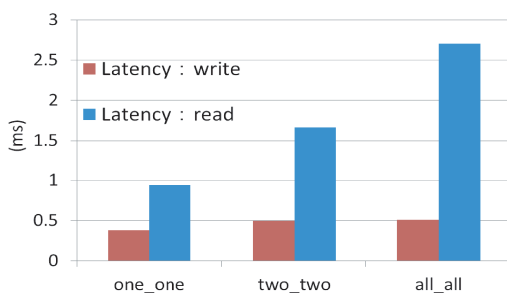


図 1 読み出しオンリー、書き込みオンリーのワークロード実行時の読み出し、書き込み処理の際に生じる遅延

図 1 では、読み出し時の遅延は、書き込み時の遅延よりも大きく、読み出し時の遅延は全体の実行時間に対して大きな影響を与えていることが分かる。また、図 1 で一貫性のレベルを変更した場合には、読み込み時の遅延に比べ、書き込み時の遅延にはあまり大きな変化は見られない。読み出し処理の遅延の増加率が大きい理由としては、一貫性レベルを ALL に指定すると、読み出し処理の際は全ノードに検索を行うのに対

し、書き込み処理の際はレプリケーション数で指定した数のノードが書き込みを受け付けば処理完了とみなすためであると考えられる。一貫性の強さに着目して評価を行うと、2 章で述べた方程式から一貫性レベル ONE を使用した場合は弱一貫性を持ち、一貫性レベル TWO と ALL を使用した場合は強一貫性を持つことになる。このことを踏まえて測定結果をみると、今回の測定条件では一貫性レベルと処理時間がトレードオフの関係にあるものの、一貫性レベルを TWO にした場合が一番、速さと正確さを兼ね備えていると言える。

#### 5. まとめと今後の課題

NoSQL の実装の 1 つである Cassandra に着目し、Cassandra クラスタを構築し、YCSB を用いて性能測定を行った。性能測定を行った結果、一貫性のレベルをより強いものに指定すると、読み出しについて遅延の大きな増加がみられた。これは、各処理に対する返答をより多くのレプリカから受け取ることを必要とするためであり、妥当な結果を得られたと言える。また今回の測定を行った条件では、一貫性レベルを TWO にした場合が一貫性と各処理に対する性能どちらも高いレベルで保てることが分かった。

今後は、より大きなクラスタを構築し、一貫性レベルと処理性能の関係をより明確にしたい。また Cassandra と YCSB の様々な設定を用いて性能測定を行い、測定結果を元に性能のモデル化や性能ボトルネックの原因分析など、より詳細な考察を行い、把握した傾向を元に Cassandra の性能改善の手法を提案する。

#### 参考文献

- 1) Avinash Lakshman, Prashant Malik, "Cassandra - A Decentralized Structured Storage System," The 3rd ACM SIGOPS International Workshop on Large Scale Distributed Systems and Middleware, pp.35-40, October 2009.
- 2) Brian F. Cooper, Adam Silberstein, Erwin Tam, Raghu Ramakrishnan, Russell Sears, "Benchmarking Cloud Serving Systems with YCSB" ACM Symposium on Cloud Computing, pp.143-154, June 2010.
- 3) Eben Hewitt(著), 大谷晋平, 小林隆 (訳):Cassandra, オライリー・ジャパン, 2011