

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



平成 30 年 6 月 10 日現在

機関番号：33803

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00161

研究課題名（和文）トランザクションによるNoSQLデータベース更新方式の研究

研究課題名（英文）Study of NoSQL database update method with transaction processing

研究代表者

工藤 司（Kudo, Tsukasa）

静岡理工科大学・情報学部・教授

研究者番号：90583782

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000 円

研究成果の概要（和文）：NoSQLデータベースは多様な大容量データに適用できる反面、トランザクションのACID特性が維持できないという課題があった。本研究では、NoSQLデータベースの1つであるMongoDBを対象として、ACID特性を維持したトランザクション処理方式を提案した。次に、本方式で動画などの大容量データを含むデータベースを、複数のトランザクションで同時更新する実験を行い、ACID特性の維持が可能であることを示した。その上で、実際の工場の在庫管理を対象に、画像による在庫充足度の判定を行うためのプロトタイプを構築し、基幹システムでも大容量のデータデータを扱うことで業務の効率化が可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：Though NoSQL databases can manipulate various large capacity data, there is a problem that the ACID properties of the transaction cannot be maintained. In this study, I proposed a transaction processing method maintaining the ACID properties for MongoDB which is a kind of NoSQL databases. Then, I conducted the experiment of this method, in which the database including a large capacity of data such as videos was updated by the plural transactions simultaneously, and confirmed that the ACID properties could be maintained. In addition, we constructed the prototypes to discriminate the inventory satisfaction by images for inventory control of an actual factory and showed that it was possible to improve the efficiency of business by manipulating large capacity data even in mission-critical systems.

研究分野：マルチメディア・データベース

キーワード：データベースシステム トランザクション処理 NoSQLデータベース MongoDB

1. 研究開始当初の背景

(1) 画像、動画を含む大容量のデータを効率的にアクセスするため、NoSQL データベースと呼ばれる分散型のデータベースが実用化されている。

(2) しかし、NoSQL データベースでは従来のリレーショナルデータベースと異なり、トランザクションの ACID 特性が維持されないという課題がある。

2. 研究の目的

(1) 動画などのセンサデータ操作に適した NoSQL データベースを選定し、ACID 特性を維持できるトランザクション処理方式を提案する。これにより、大容量のデータ操作が可能なデータベースを基幹系システムに適用可能とする。

(2) 大容量データを含むデータベースを複数のトランザクションにより同時更新し、提案したトランザクションの同時実行制御の機能を評価する。

(3) 具体的な業務システムを想定したプロトタイプを構築し、実際の基幹系システムにおいても予想された通りのトランザクションの ACID 特性が得られ、直列化可能スケジュールを構成できることを検証する。

3. 研究の方法

(1) 先行研究で開発した時制更新方式の基盤を拡張して NoSQL データベースに適用し、ACID 特性の維持とアクセス性能の両名から評価を行う。これにより、有効な適用分野の見極めを行う。

(2) 基幹系システムにおいて NoSQL データベースが必要になるようなマルチメディア情報を扱う分野を選定し、データベースの要件を整理して、様々な局面に対応するアルゴリズムを研究する。

(3) NoSQL データベースを実際の基幹系システムに適用するために、構築と運用の効率性の点から実装方式を決定し、実証研究として実験システムにより評価する。

4. 研究成果

(1) 先行研究の研究成果である、リレーショナルデータベースにおける大量データの一括更新方式を、ドキュメント指向の NoSQL データベースである MongoDB に適用し、同時実行制御が可能であることを示した。本方式は図 1 に示すように、MongoDB のドキュメントに更新前 (2)、更新後 (1)、再更新後 (3) の複数のデータを保持し、コミット/アボート後に検索対象を切り替えるものであり、この方式によって所定の同時実行制御により直列化可能スケジュールが構成できることを

確認した。さらに、更新前のデータを保持していることから、アボートの際には更新を取り消すことも可能であることを示した。

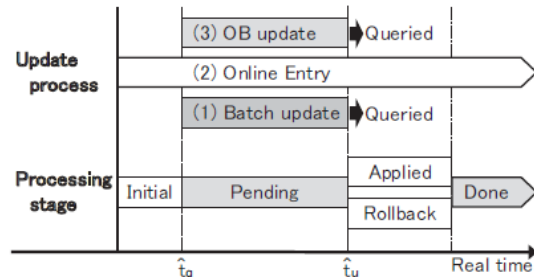


図1 おけるトランザクション処理方式

(2) NoSQL データベースの普及の背景には効率性がある。一方で、(1)に示す方式ではコミットの際に直列化を行うための競合が発生する。そこで、リレーショナルデータベースと同様にトランザクションの分離レベルを指定し、プログラムごとに業務要件に応じた分離レベルのトランザクション処理を実行する方式を着想、実装・評価した。図2示すように厳密なトランザクション処理 (REPEATABLE READ) では競合による遅延が発生するものの、READ UNCOMMIT では競合は発生せず、MongoDB の性能が維持できることを示した。このように分離レベルの概念を実装したことで、厳密性と効率のトレードオフが可能となり、適用できる範囲が拡大することが期待される。

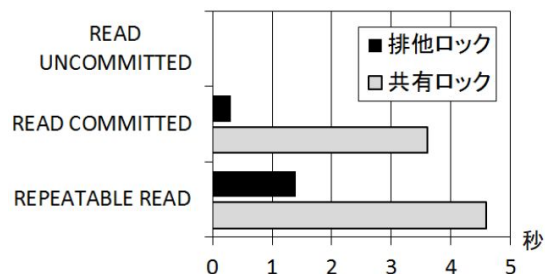


図2 分離レベルごとの効率評価

(3) 同じく、NoSQL データベースの背景として多様なデータへの対応があり、大容量のビデオなど各種のセンサデータが操作の対象となっている。一方で、大容量データを操作するトランザクションは長時間のトランザクションとなるため、競合の際には大きな遅延が発生することになる。一方で、例えば、動画に対するトランザクション処理を考えた場合、スケジュールに沿って多数のトランザクションが順次、読み出し、書き込みを行う可能性は低く、基本的には追加、削除のみとなる。そこで、図3に示すように、トランザクション処理対象の小容量のデータを経由して大容量のイメージデータを操作することを着想、イメージデータの更新後にトランザクション処理対象の小容量データを更新することで、イメージデータもトランザクシ

ン処理の中に組み込めることを示した。

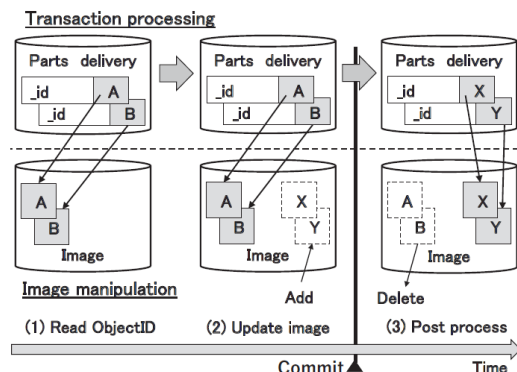


図3 大容量データのトランザクション処理

(4) NoSQL データベースが必要となる基幹系システムとして、在庫管理システムを選択した。在庫管理では在庫棚の棚卸が大きな負荷になる。特に、バラ積み部品をコンテナに保管する場合には、部品を取り出して数える必要があり、負荷の増大を引き起こしていた。ここで、日常業務では棚卸の主要な目的は発注要否の判定であることから、生産計画に基づく必要在庫量の充足度を目視で確認することを着想した。このためには、在庫棚の状況をビデオ、画像などで把握する必要があり、大容量のデータ操作が必要になる。このため、NoSQL データベースの1種である MongoDB と、従来のリレーショナルデータベースの1種である MySQL の性能の比較評価を実施した。この結果、図4に示すように、更新で25倍、検索で2倍の性能が達成できており、MongoDB の適用により所定の機能の実装が可能であることが確認できた。

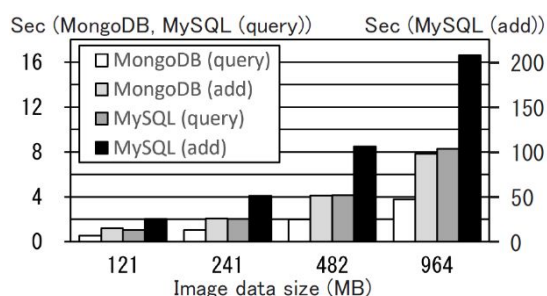


図4 MongoDB と MySQL の性能比較評価

(5) (4)の評価結果に基づき、実際の工場を前提として画像、ビデオ（以下、「画像」）を扱う在庫管理システムのプロトタイプを構築、評価した。本システムの構成は、図5に示すように、工場内の在庫棚の画像と、組立現場への出荷情報とを併せて在庫管理システムのデータベースに保管するものである。この結果、(1)から(3)までのトランザクション処理を適用することで同時実行制御が可能であり、この情報を生産計画情報と併用することで、現在時点での必要在庫数と在庫棚の画像をオフィスの端末に表示する。本システムの機能により棚卸を行うことなく、オフ

イスから画像による在庫充足度判定が可能になり、業務の効率化が達成できるとの結論を得た。

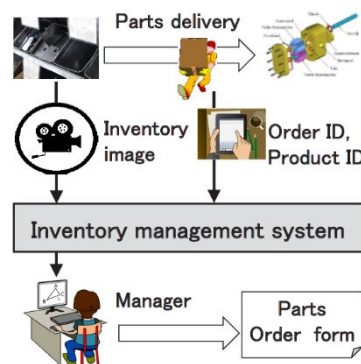


図5 画像による在庫管理システム

(6) データベースを基幹系システムに適用する場合には、データの入力と併せて様々な資料や統計情報を出力する必要がある。一方で、MongoDB においては結合演算が提供されておらず、MySQL では(4)に示すように大容量データの効率が悪い。そこで、最適なシステムの構成を決定するために、(5)のシステムを対象として Java を使用した統計を含む資料作成機能を実装し評価した。この結果、大容量のデータを伴う場合には、この操作に時間を要するため、結合演算を実装しても MongoDB の劣化が少ないこと、大容量のデータを伴わない処理を含む場合には MySQL と MongoDB を併用することで、より効率的なシステムが構築できることを示した。すなわち、文字・数値情報は MySQL に、画像データは MongoDB に保存することで、図6の Mix に示す効率化が可能になった、

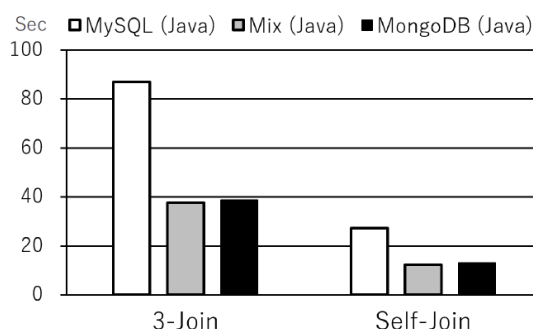


図6 結合演算・画像を含む性能の比較評価

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 4 件)

Tsukasa Kudo et al., Evaluation of Databases for Enterprise Systems Dealing with Images, Int. J. Informatics Society, 査読有, Vol. 10, 2018 (印刷中).

工藤司、時制データベースによる長時間
トランザクションの直列化方式、静岡理
工科大学紀要、Vol. 25、2018、23-30.

Tsukasa Kudo et al., An Application of
MongoDB to Enterprise System
Manipulating Enormous Data, Int. J.
Informatics Society, 査読有, Vol. 9,
No. 3, 2017, 97-108,
[http://www.infsoc.org/journal/vol09/
IJIS_09_3_097-108.pdf](http://www.infsoc.org/journal/vol09/IJIS_09_3_097-108.pdf)

Tsukasa Kudo et al., A Lump-sum Update
Method as Transaction in MongoDB, Int.
J. Informatics Society, 査読有, Vol. 8,
No. 1, 2016, 35-44,
[http://www.infsoc.org/journal/vol08/
IJIS_08_1_035-044.pdf](http://www.infsoc.org/journal/vol08/IJIS_08_1_035-044.pdf)

〔学会発表〕(計10件)

古川友貴、工藤司、製品地図システムに
おけるMySQLとMongoDBの性能比較
評価、情報処理学会第80回全国大会、
(20180313-20180315)、早稲田大(東京)

原寄彩奈、工藤司: Node.js と MongoDB
による動画データの保存方式、情報処理
学会第80回全国大会、
(20180313-20180315)、早稲田大(東京)

川中天馬、工藤司: 深層学習を用いた在
庫数量判定方式の提案、情報処理学会第
80回全国大会、(20180313-20180315)、
早稲田大(東京)

Tsukasa Kudo, A Comparative Study in
Enterprise Systems Dealing with
Images: MongoDB vs. MySQL, Proc.
Int. Workshop on Informatics
(IWIN2017), (20170903-20170906),
Zagreb (クロアチア)

伊藤祐輝、工藤司、IoT と NoSQL を活
用した研究室のセキュリティ管理システ
ム、電子情報通信学会総合大会
(20170322-20170325)、
名城大学(名古屋)

長澤一貴、工藤司、タブレットと
MongoDB を活用したモバイル見積シス
テムの開発、電子情報通信学会総合大会
(20170322-20170325)、
名城大学(名古屋)

Tsukasa Kudo, A proposal of
transaction processing method for
MongoDB, Knowledge-Based and
Intelligent Information & Engineering
Systems 18th Annual Conference,

(20160905-20160907), York
(英国)

Tsukasa Kudo, Application of
MongoDB with Transaction Feature in
Production Management System, Proc.
Int. Workshop on Informatics
(IWIN2016), (20160828-20160831),
Riga (ラトビア)

工藤司、MongoDB におけるトランザク
ション処理の実装、電子情報通信学会
SWIM 研究会、(20160520)、機械振興会
館(東京)

工藤司、MongoDB におけるトランザク
ションとしての一括更新方式、電子情報
通信学会 SWIM 研究会、(20150820)、機
械振興会館(東京)

〔その他〕

工藤研究室ホームページ 研究内容
[http://www.sist.ac.jp/~kudo/research.ht
ml](http://www.sist.ac.jp/~kudo/research.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤 司 (KUDO, Tsukasa)
静岡理工科大学・情報学部・教授
研究者番号: 90583782

(2) 研究協力者

古川 友貴 (FURUKAWA, Yuki)
原寄 彩奈 (HARAZAKI, Ayana)
川中 天馬 (KAWANAKA, Tenma)
伊藤 祐輝 (ITO, Yuki)
長澤 一貴 (NAGASAWA, Kazuki)