TOSHIBA

GridDB

オープンソースカンファレンス 2020 Tokyo/Spring

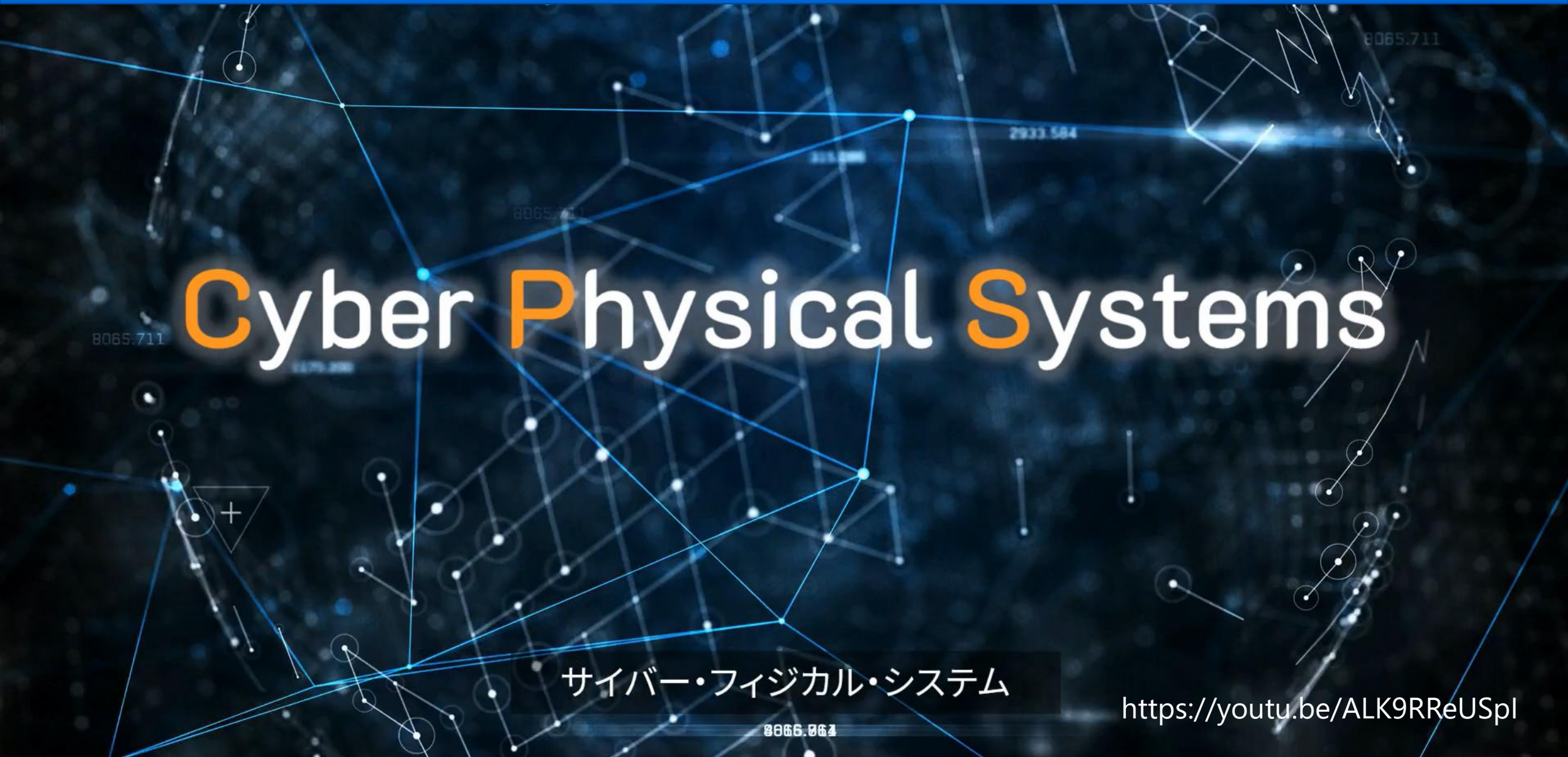
IoT、そしてサイバー・フィジカル・システムを支える
オープンソースデータベース GridDB
～ こだわりの理由と実現方法のポイント ～

東芝デジタルソリューションズ株式会社

栗田 雅芳

2020/2/21

ビデオ



https://youtu.be/ALK9RReUSpI

アジェンダ

サイバー・フィジカル・システム とは？

それに求められるデータベース要件

GridDBのこだわりとその実現方法

導入事例

オープンイノベーション活動

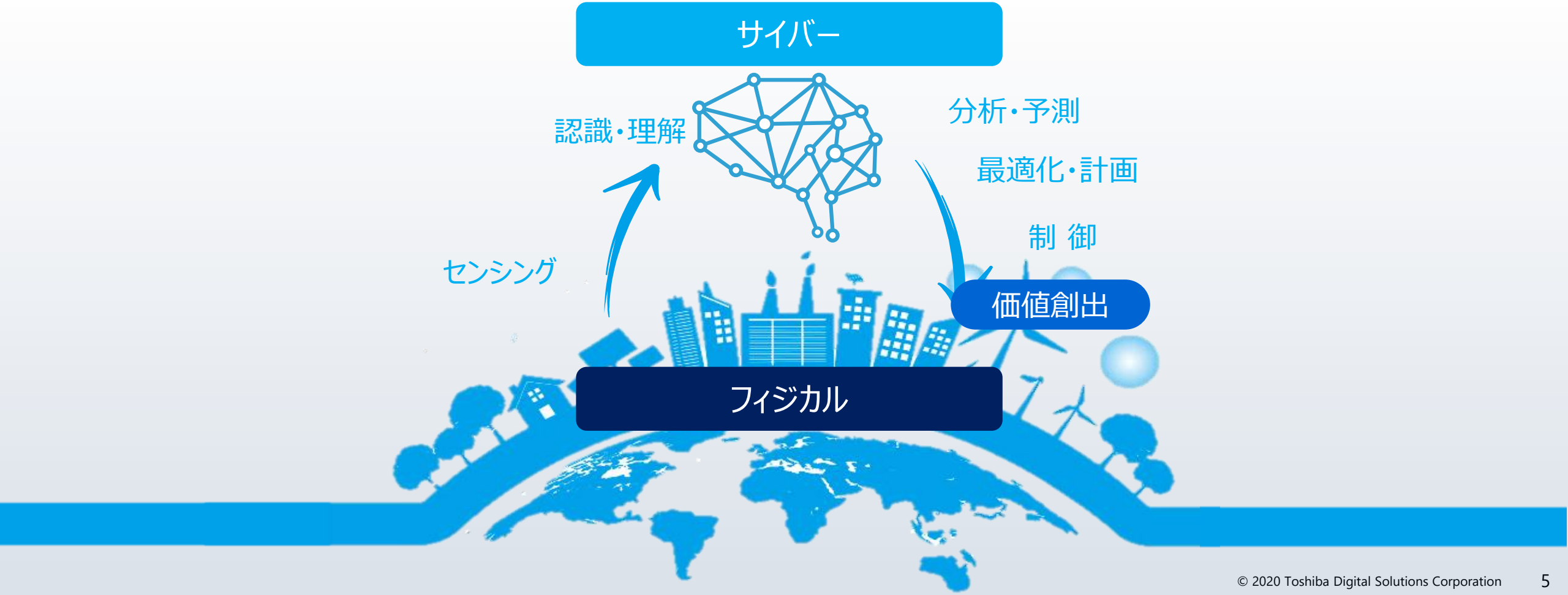
まとめ

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

サイバー・フィジカル・システム とは？
CPS: Cyber Physical Systems

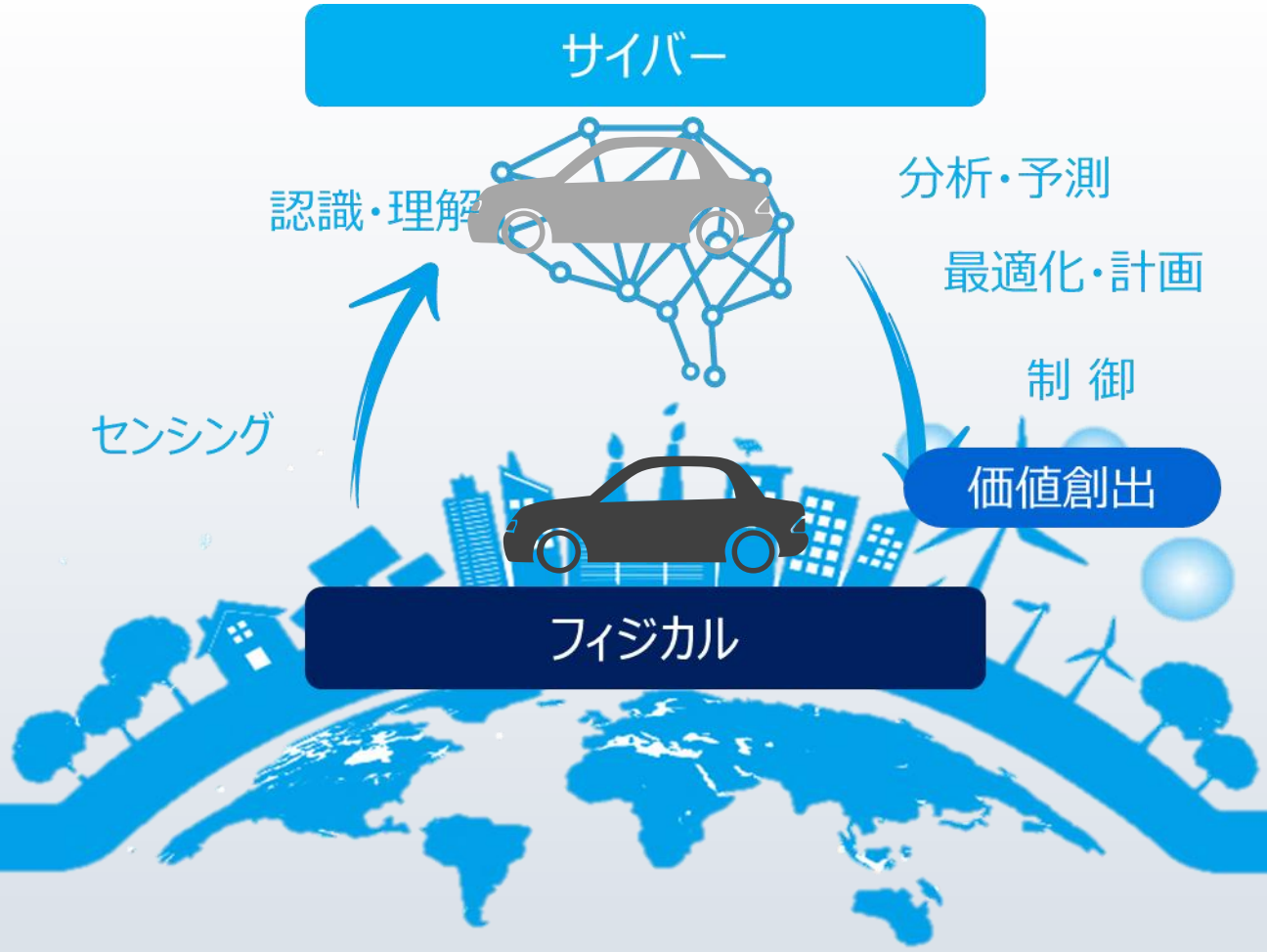
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

実世界（フォジカル）におけるデータを収集し、デジタル（サイバー）により理解・分析し
それを実世界にフィードバックすることで、付加価値を創出



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

自動運転



車や道路・信号に
埋め込まれたセンサー
のデータ

天候などのデータ

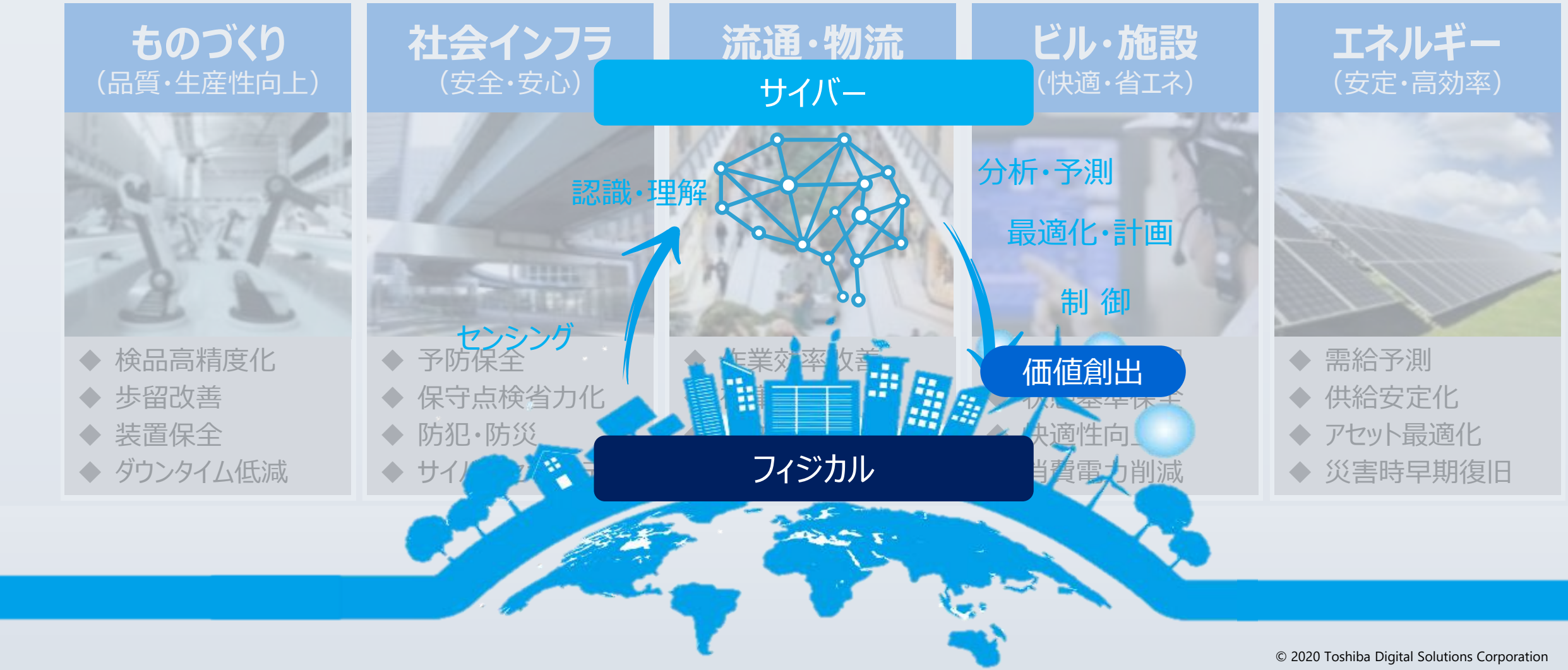
など

コントロール

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

東芝グループの事業

ものづくり（品質・生産性向上）	社会インフラ（安全・安心）	流通・物流	ビル・施設（快適・省エネ）	エネルギー（安定・高効率）
◆ 検品高精度化 ◆ 歩留改善 ◆ 装置保全 ◆ ダウンタイム低減	◆ 予防保全 ◆ 保守点検省力化 ◆ 防犯・防災 ◆ サイ	◆ 作業効率改善	物流基準保全 快適性向上 消費電力削減	◆ 需給予測 ◆ 供給安定化 ◆ アセット最適化 ◆ 災害時早期復旧

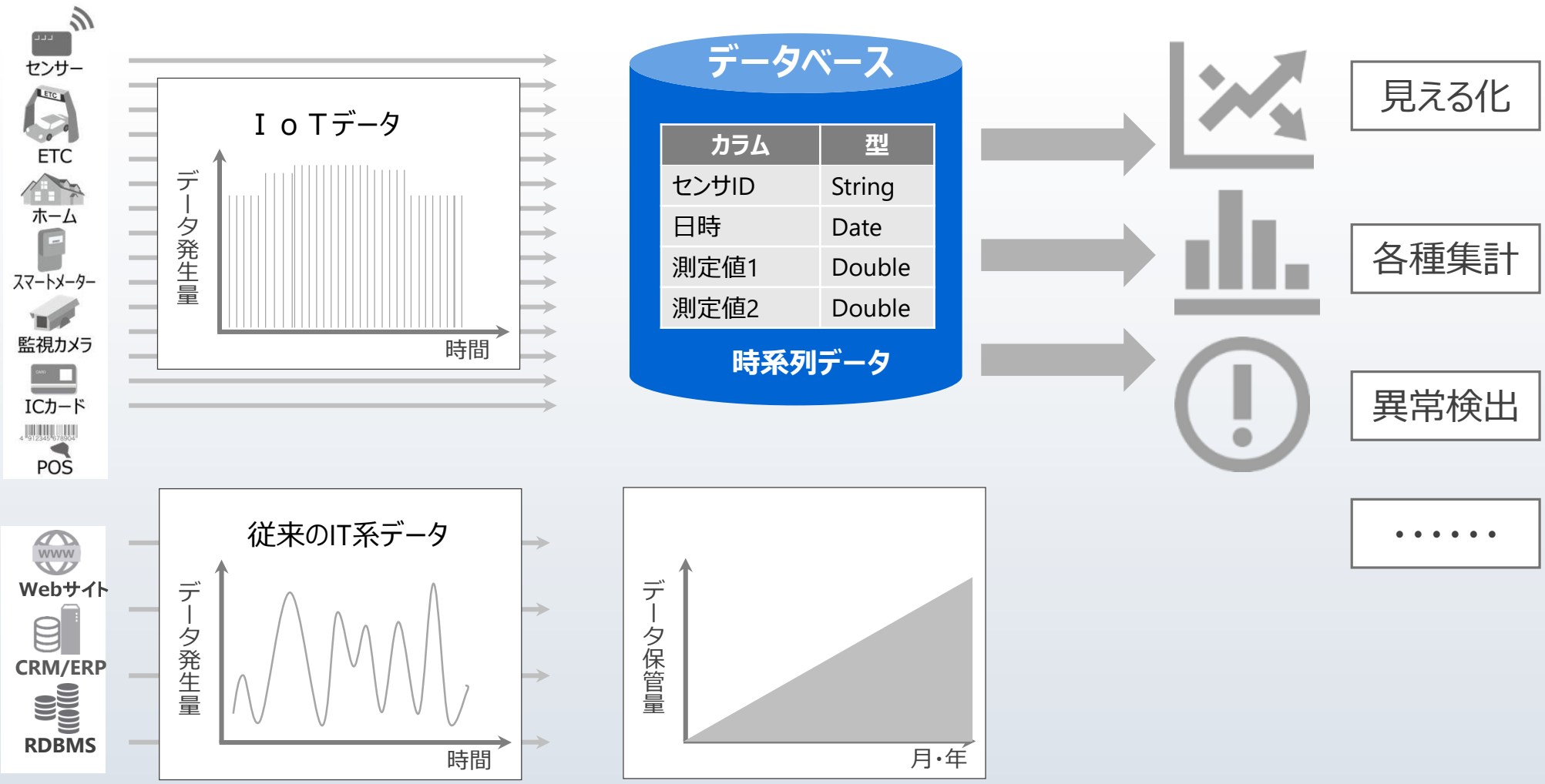


© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

求められるデータベース要件

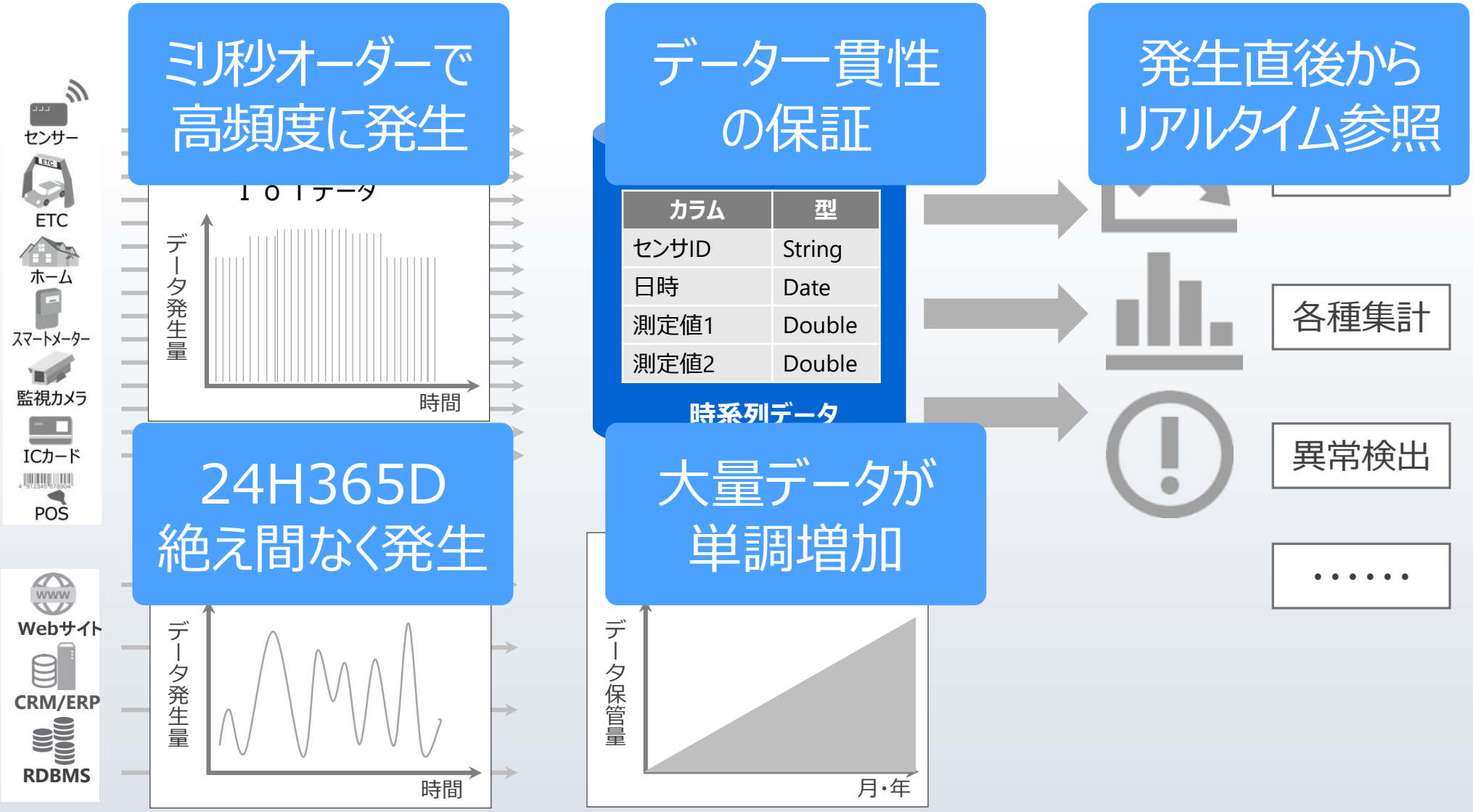
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ＣＰＳ／ＩｏＴ データ （ファストデータ） 特性



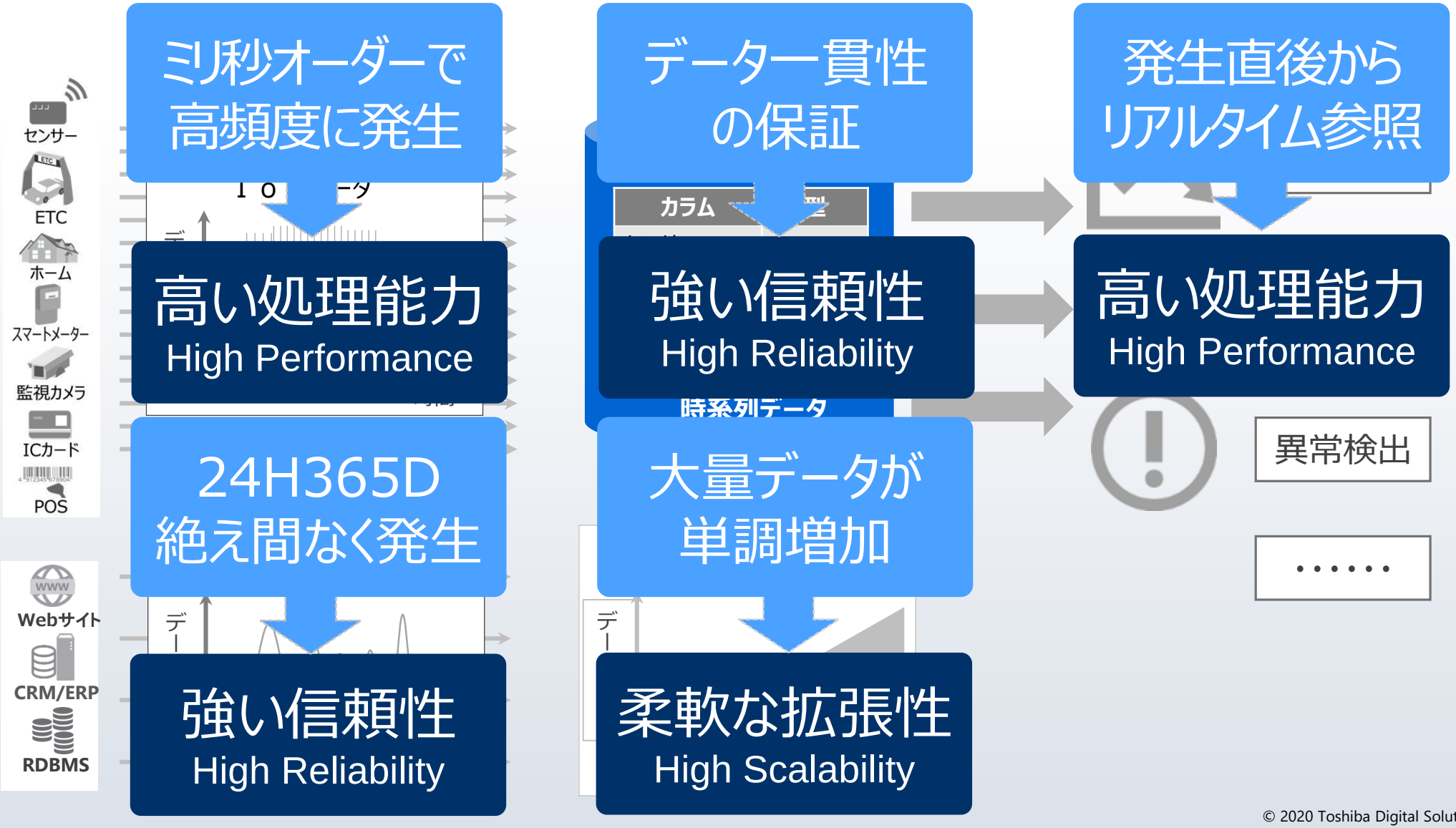
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

トランザクション型のデータと異なる・・・



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ＣＰＳ/ＩｏＴのためのデータベースの要件とは？



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ＣＰＳ/ＩｏＴの特有のデータベース要件

高パフォーマンス

- 秒・ミリ秒、さらにはそれ以下の周期で発生する膨大なデータをリアルタイムで収集・監視、分析を可能にするため、高レスポンス・高スループットといったパフォーマンスが重要

データの一貫性

- データ欠損や参照データの矛盾など、一貫性や整合性が崩れる状態を許容できない
- 欠損データの補完や、誤って入力された数値の訂正などといった更新要求に対応できなければならない

高可用性

- ノード障害、ノード増設でも、サービスを停止させることが許容できない
- ノード障害の検知と切替えに要するフェイルオーバー時間は数秒以内である必要がある

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

２０１０年当時の技術では・・・・

	高い処理能力 High Performance	柔軟な拡張性 High Scalability	強い信頼性 High Reliability
RDBMS	△	×	○
NoSQL	△	○	△
Hadoop FS	△	○	×

あくまでも、ＣＰＳ／ＩｏＴシステムにおける弊社の見解です。

注：トランザクションシステムにおける評価は異なります。

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

じゃあ、自分たちで　開発しましょう・・・

	高い処理能力 High Performance	柔軟な拡張性 High Scalability	強い信頼性 High Reliability
RDBMS	△	×	○
NoSQL	△	○	△
Hadoop FS	△	○	×
GridDB	◎	◎	◎

2011年 ～ 開発

2013年 ～ 商品化 GridStore v1.0 → GridDB

2016年 ～ オープンソース化

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

GridDBのこだわり

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

GridDBの特長

IoT指向モデル IoT Oriented	Ｉｏ Ｔデータを格納にするのに最適なキーコンテナ型データモデル コンテナ内でデータの一貫性を保証 時系列データ管理に関する特別な機能
高い処理能力 High Performance	メモリを主、ストレージを従 メモリやディスクの排他処理や同期待ちなどのオーバヘッドを極力排除 SQLにおける分散並列処理
強い信頼性 High Reliability	データの複製をノード間で自動的に実行 ノード障害があってもフェールオーバによりサービス継続 数秒から数十秒の切替え時間
柔軟な拡張性 High Scalability	少ないノード台数で初期投資を抑制 負荷や容量の増大に合わせたノード増設が可能 自律データ再配置により、高いスケーラビリティを実現
抜群の使い勝手 Excellent Usability	NoSQLとSQLのデュアルインターフェース（API） NoSQLで大量データを収集しながら、SQLでリアルタイム分析が可能 要件に応じてスケールアウトとスケールアップをベストミックス

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

データモデル

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

こだわり

ＩｏＴデータの特性にあったデータモデル

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

NoSQL データモデル

キーバリュー型

Key	Value

ワイドカラム型

Key	Value	Value	Value

ドキュメント型

Key	Documet
Key1	JSON形式ドキュメント
Key2	JSON形式ドキュメント

キーコンテナ型

Key	Container (Table)
Key1	Value Value Value (2 rows)
Key2	Value Value (2 rows)

Ｉｏ Ｔデータ向けに拡張したキーコンテナ型・・・テーブル表現で管理

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

キーバリューをグループ化するコンテナ　(テーブル)

データソース　　時系列データ

機器 1

時刻	センサ A	センサB
00:00:00	1.12	2.13
00:00:01	1.11	3.12

機器 2

時刻	センサ C	センサD	センサE
00:00:00	1.12	2.13	1.13
00:00:02	1.01	3.33	2.33
			….

機器 3

時刻	センサ F	センサG
00:00:00	1.12	2.13
00:00:01	1.11	3.12
….	….	….

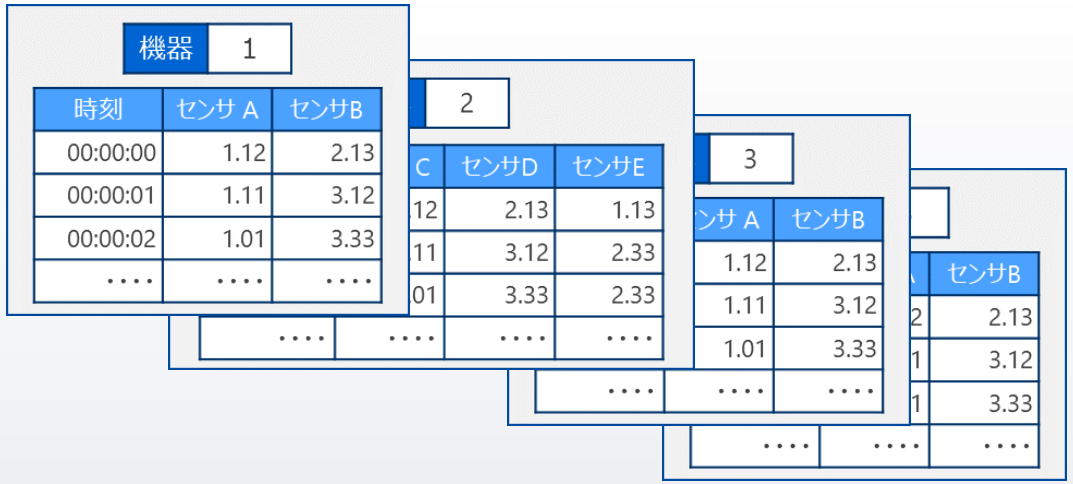
…. ….

機器 N

時刻	センサ	センサ
00:00:00	0 .12	1.13
00:00:01	1.11	3.12
….	….	….

データ格納

対象ごとのデータを格納



テーブルで表現

コンテナのスキーマ定義、カラムのインデックス設定により高速検索

レコード操作はコミット/ロールバック→コンテナ単位で一貫性保証

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

コンテナの種類

コレクション コンテナ

設備名	ラインA

設備番号	名称	仕様
equip001	変圧器1	xxx変圧器
equip002	変圧器2	yyy変圧器
equip003	遮断機1	xxx遮断機
equip004	遮断機2	yyy遮断機
equip005	ケーブル1	zzzケーブル
….	….	….

ロウとカラムから構成されるテーブル

時系列 コンテナ

機器名	機器A

時刻	熱効率	湿度
2020/01/22 01:23:30:01	78.3	47.9
2020/01/22 01:23:30:02	82.9	63.4
2020/01/22 01:23:30:03	96.6	69.6
….	….	….

時刻で並べられたテーブル

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

時系列コンテナ

期限解放機能 / 長期アーカイブ機能

保持期間を超えたデータを自動的に削除　または　外部ストレージなどにアーカイブ

時系列データ圧縮

誤差あり間引き圧縮 (HI) と 誤差なし間引き圧縮 (SS)

時系列分析関数

集計演算関数：重み付きで平均を求めるTIME_AVGなど

選択関数：TIME_NEXT、TIME_NEXT_ONLY、TIME_PREV、TIME_PREV_ONLYなど

補間演算関数：TIME_INTERPOLATED、TIME_SAMPLINGなど

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

高い処理能力

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

こだわり・・・

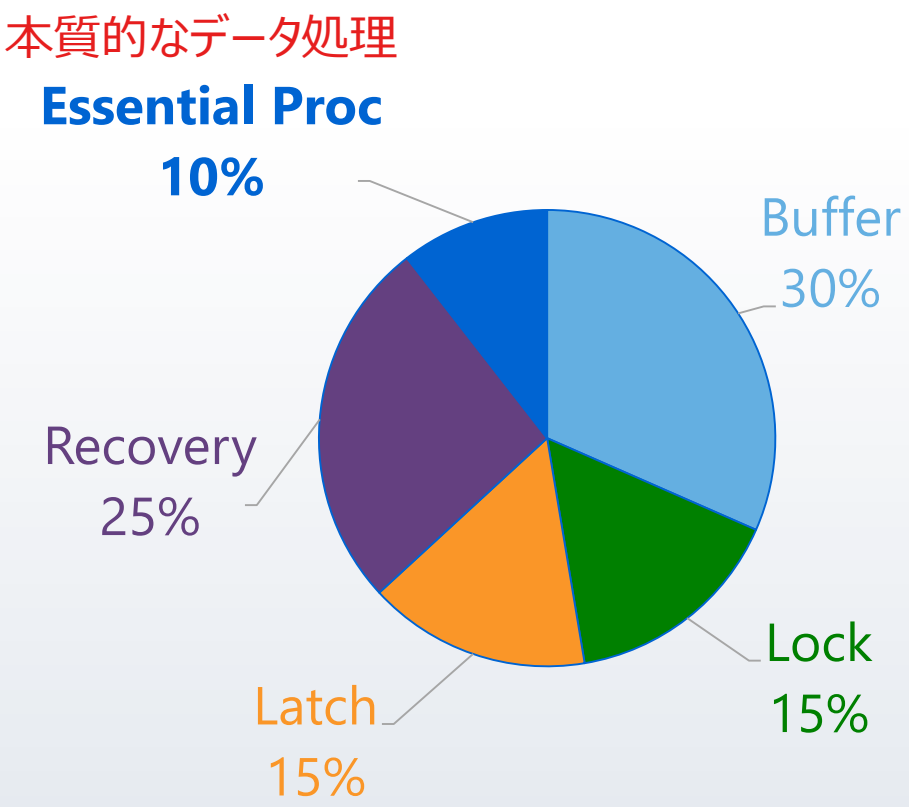
複数の処理を並列実行
（スループット向上）

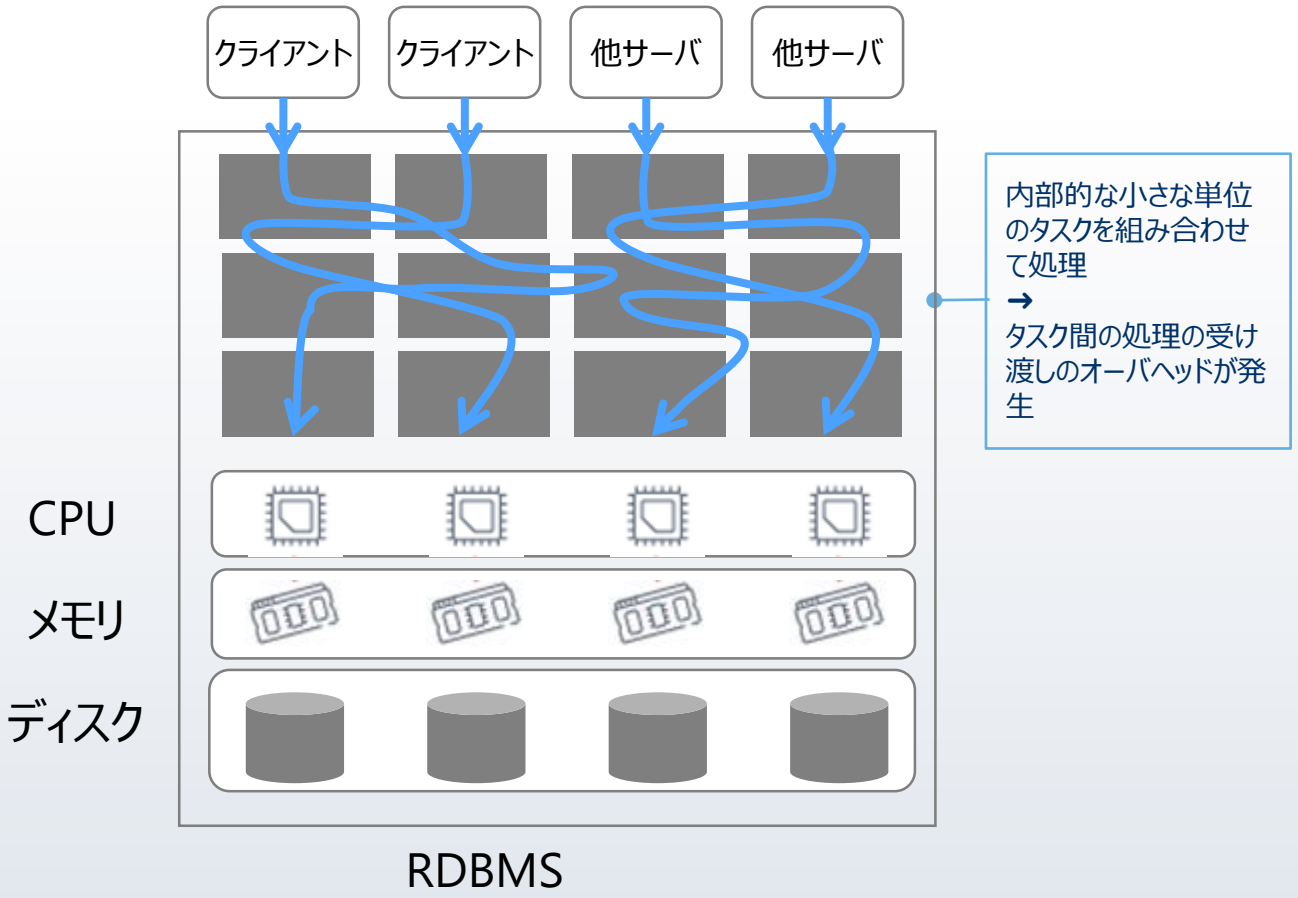
1つの処理を並列実行
（レスポンス向上）

できるだけＣＰＵをフル回転
できるだけインメモリで処理

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ＲＤＢＭＳにおけるＣＰＵ使途



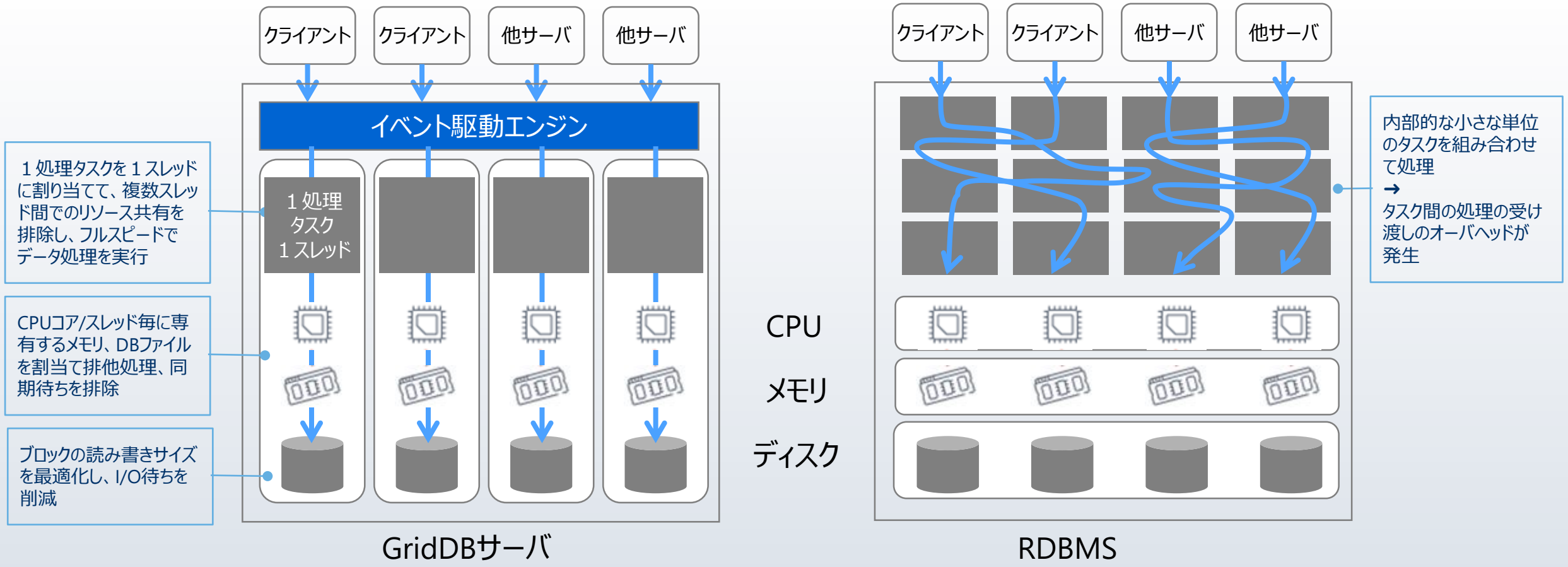


本質的なデータ処理に費やすCPU使用率は10%強

出典：Harizopoulos, S. et al, “OLTP Through the Looking Glass, and What We Found There”, SIGMOD 2008

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

遊んでいるＣＰＵをフル回転



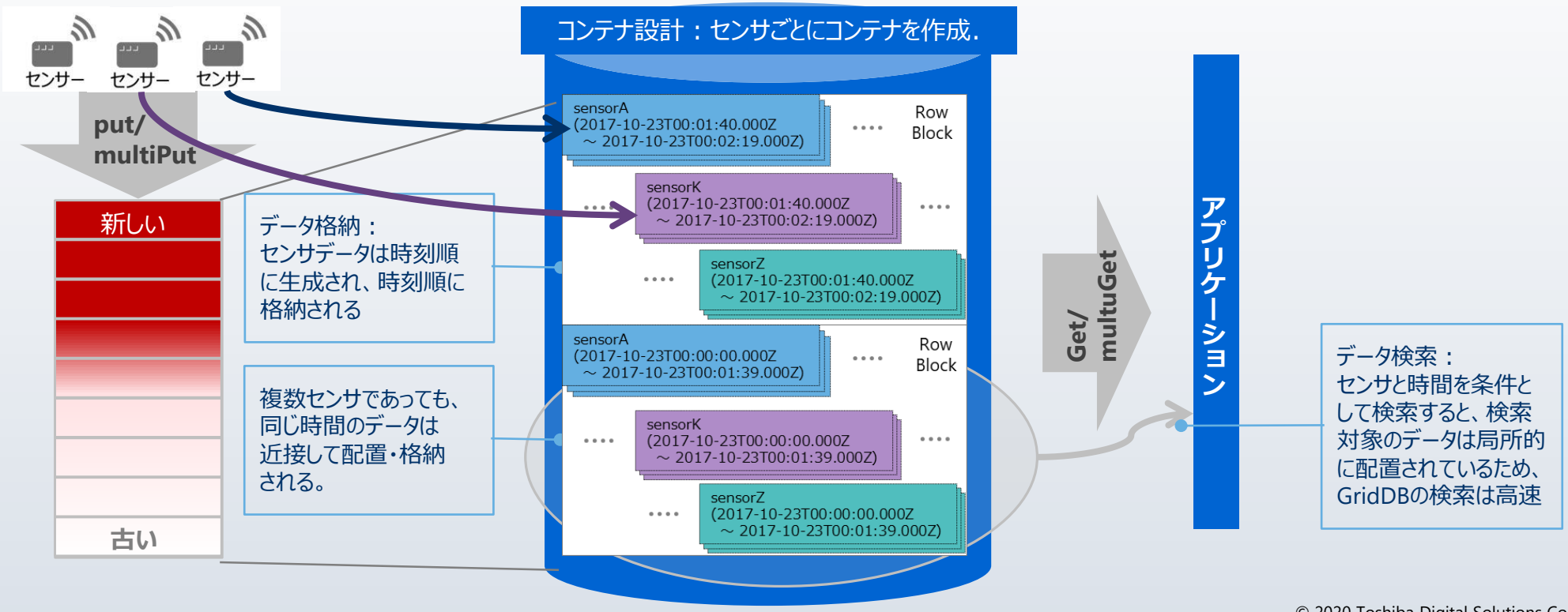
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

できるだけインメモリで処理

メモリを最大限有効活用する**時系列データ配置技術 TDPA**

TDPA：Time Series Data Placement Algorithm

ヒント情報を与えることでメモリ内ヒット率向上が可能



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

強い信頼性

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

こだわり・・・

ノード障害でも、サービスを停止させることが許容できない

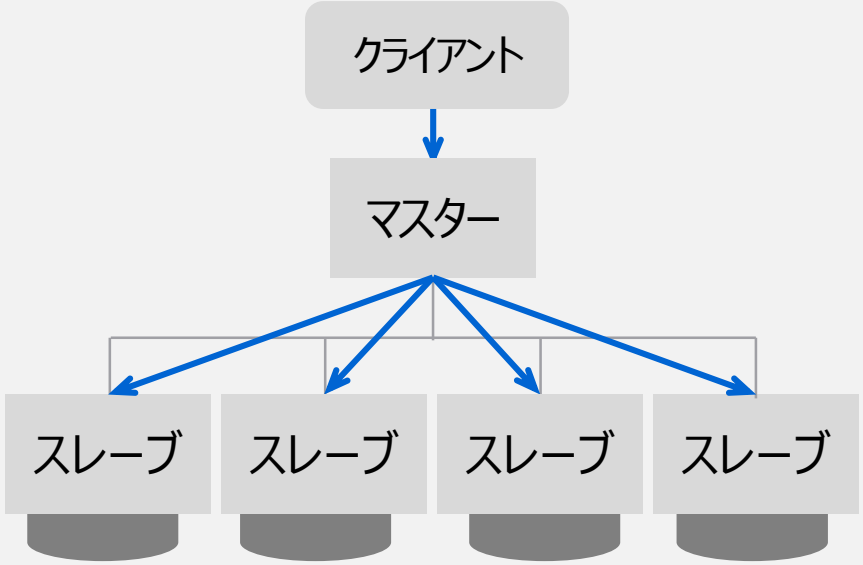
ノード障害の検知と切替えに要する時間は数秒以内

ノンストップ運用の実現

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

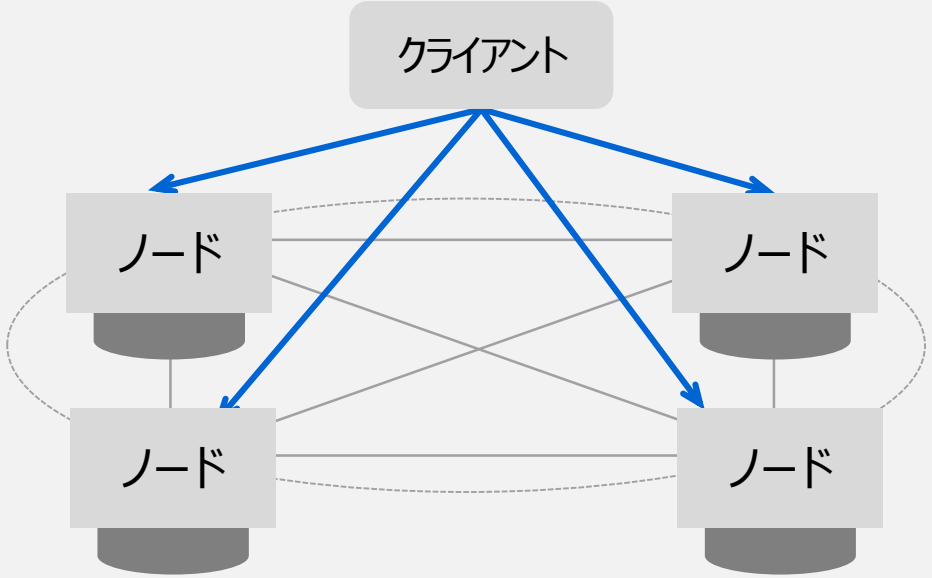
代表的な２つのクラスタ管理方式

マスター・スレイブ 型
(master-slave)



❍ 一貫性の維持は容易
✗ 単一障害点 (SPOF)、単一窓口（SPOC）
✗ノード追加時にはデータ再配置が困難

ピア・ツー・ピア型
(peer to peer)



❍ 単一障害点 (SPOF)/単一窓口（SPOC）なし
❍ ノード追加時にはデータ再配置が容易
✗ 一貫性の維持にはノード間の通信の負荷が発生
✗ 遅延やなどで処理順序により、一貫性が崩れる

お互いの弱点を補う ハイブリット型クラスタ管理

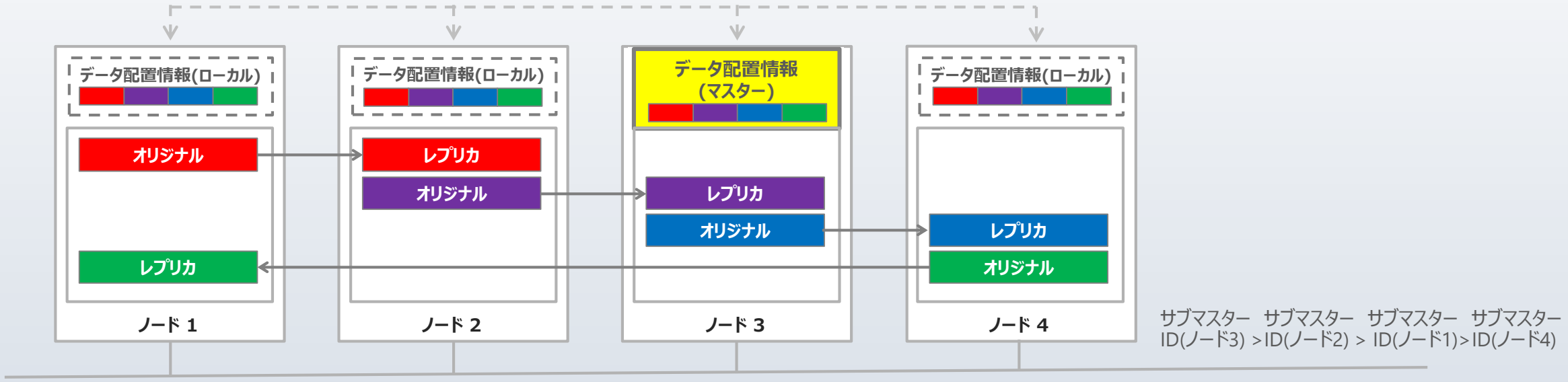
マスター・スレーブ型とピア・ツー・ピア型のハイブリッド型方式

- クラスタが**自動的にマスタノードを選択**
  → 単一障害点 (SPOF) / 単一窓口（SPOC）なし
- 一貫性のとれた**データ配置情報**を各ノードおよびクライアントで共有
  →管理サーバや仲介サーバを排除
- **自律的にデータ配置**を調整し、適切なバランスを維持

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ハイブリッド型クラスタ技術

❶ クラスタの構成時、ピア・ツー・ピアで選挙により、自律的に**マスターノード**を選出
❷ データを独自ハッシュ関数でグルーピングし、コンテナ単位で各ノードに**データ配置**
❸ ピア・ツー・ピアで各ノードの**データ配置情報**を交換・管理
❹ ノード間でのデータのコピーを保持しあう**自動レプリケーション**による多重化

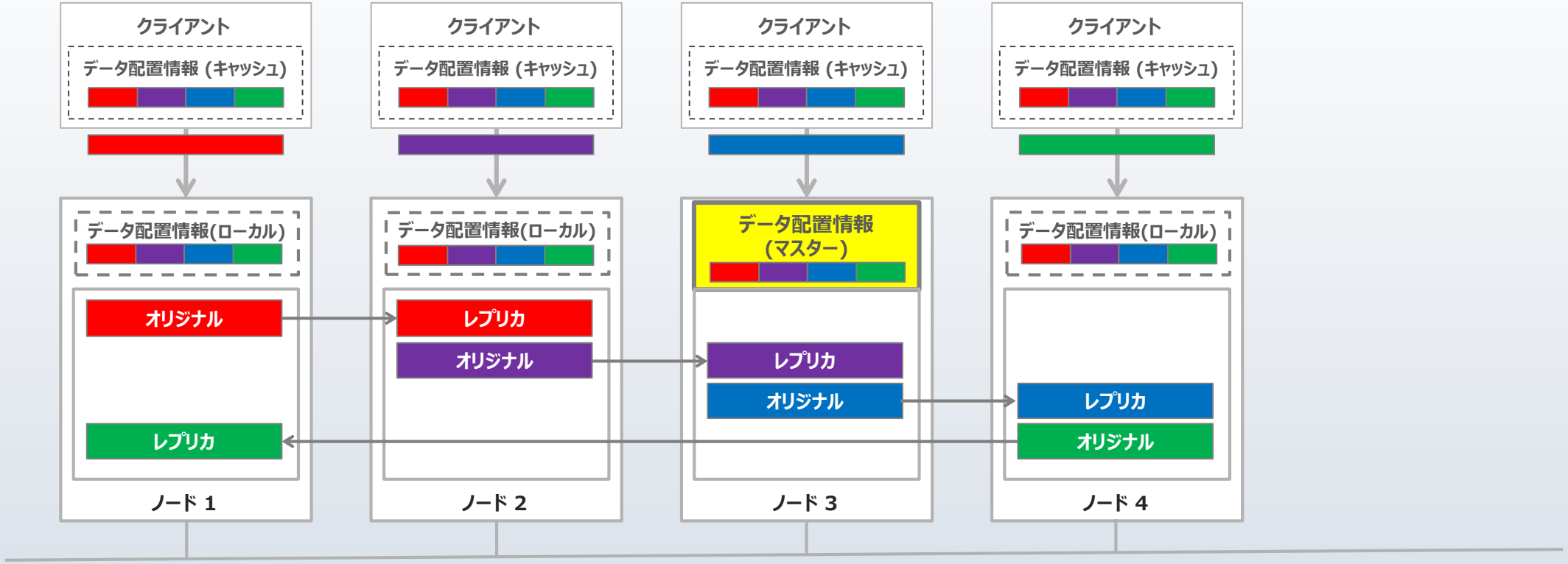


☛ 特別なスキルを必要とせずに、高可用なクラスタ構成が可能

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ハイブリッド型クラスタ技術

❺ **クライアントライブライリ**側でも一貫性のとれた**データ配置情報をキャッシュ**
❻ **クライアント**がマスターや仲介サーバを参照せず**ダイレクトにアクセス**

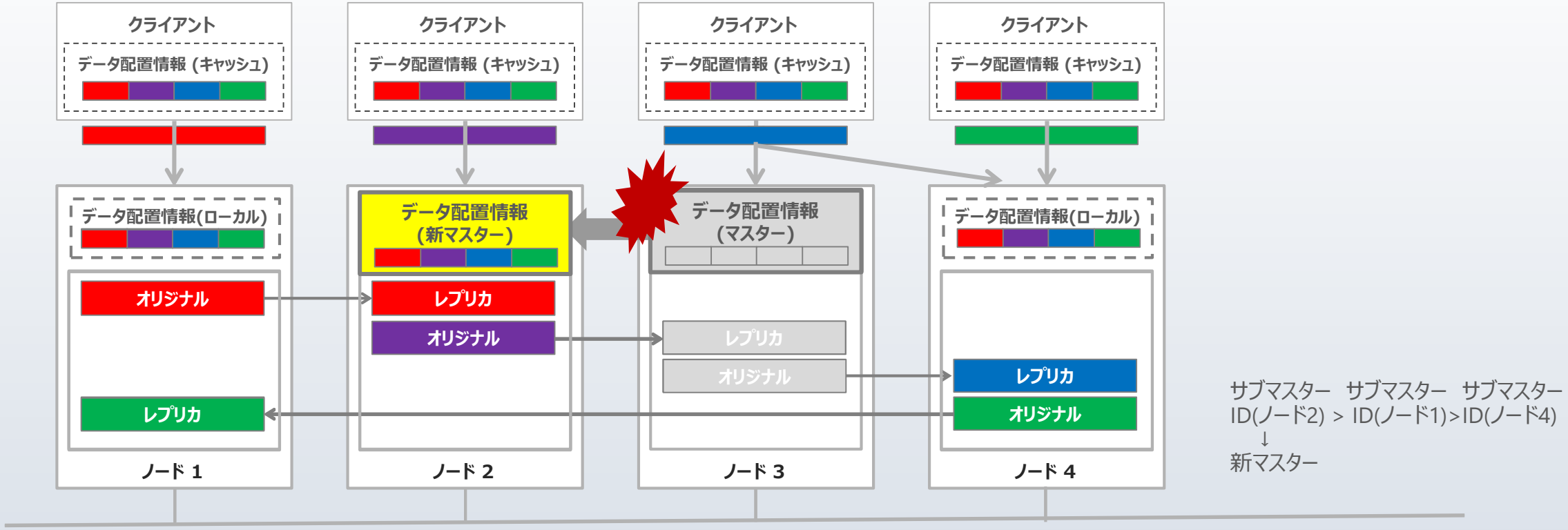


☛ アクセス切り替えと通信コストの大幅削減

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ハイブリッド型クラスタ技術

マスターに障害が発生➔ 残りのノード集合から、新マスターを**再選出**
クライアントはデータ配置情報に基づきレプリカを参照

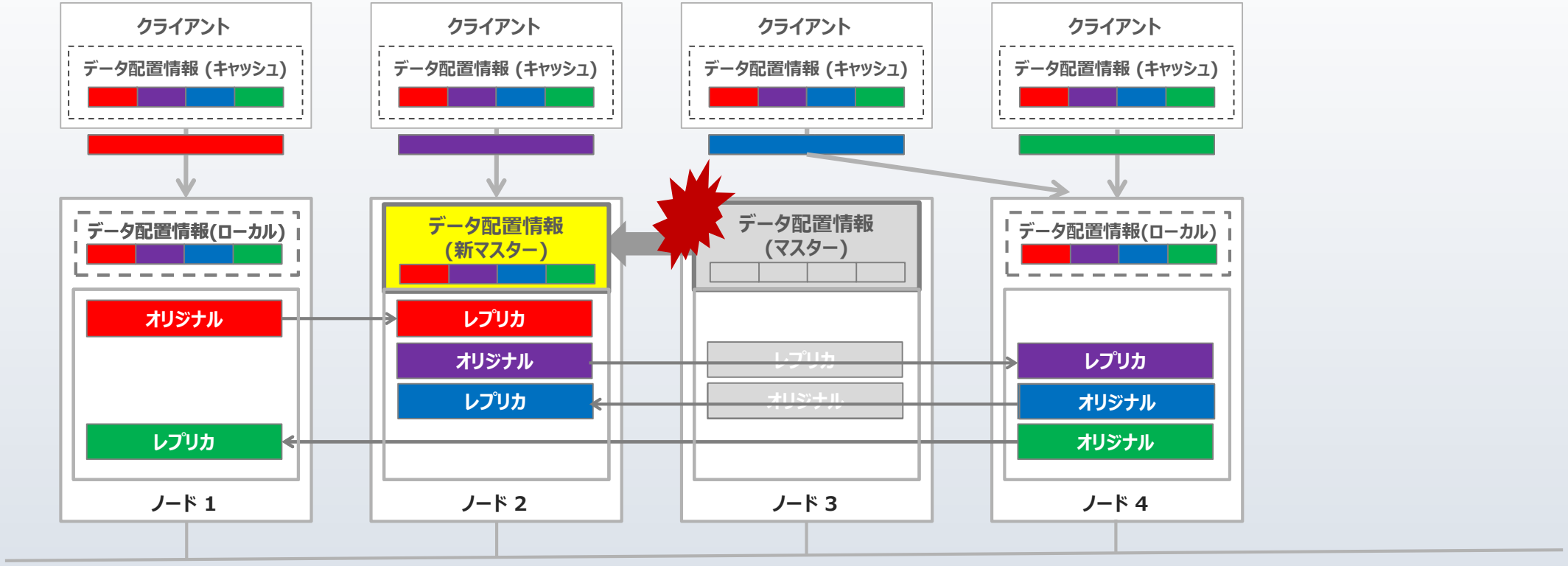


© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ハイブリッド型クラスタ技術

データコピー (レプリカ数) 不足 → **自律データ再配置技術 (ADDA)**

ノード間のデータバランスの悪化 → 自律的にノード間のデータ配置を調整し、適切なバランスを維持



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

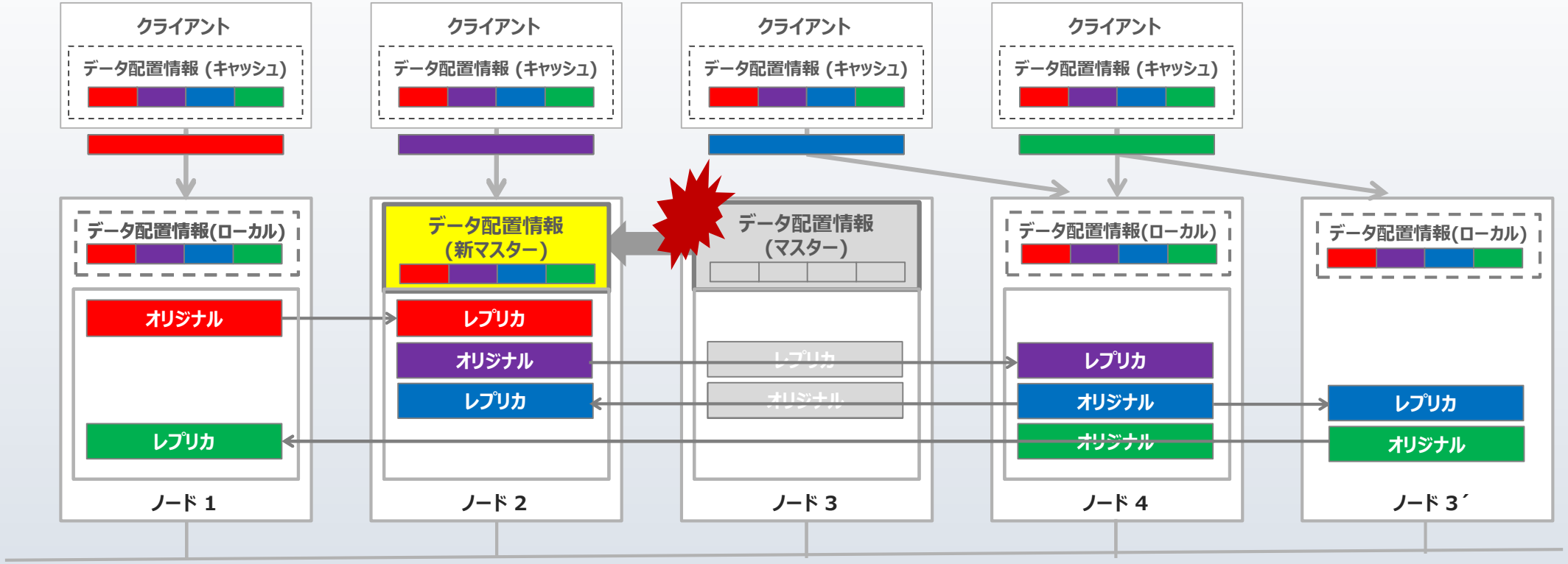
ハイブリッド型クラスタ技術

データコピー (レプリカ数) 不足 →

ノード間のデータバランスの悪化 →

自律データ再配置技術 (ADDA)

自律的にノード間のデータ配置を調整し、適切なバランスを維持



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

柔軟な拡張性

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

こだわり・・・

データ配置のバランスが悪いと、特定のノードに負荷が集中

データのコピー（レプリカ数）が不足すると、可用性が低下

ノード間でバランスよくかつ高速にデータを再配置

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

自律データ再配置技術 (ADDA)

自律的にバランスよくノード間でデータを再配置するアルゴリズム

ADDA：Autonomous Data Distribution Algorithm

❶ **インバランス状態の検知**：

(マスターノードが) ノード間のインバランス状態を検知

❷ **長期同期プランニング**：

定常的な、短期同期（レプリケーション）とは別に長期的な同期計画を作成

❸ **ノード間データ再配置** (長期同期/短期同期) 実行

リクエストの処理へ負荷を与えない範囲で、2種類の大きな**メモリブロック**と小さな**DB更新ログ**を使い分けながら、**バックグランドで高速同期**

❹ データ配置情報を書き換えて、**アクセス切替え**

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

自律データ再配置技術 (ADDA)

❶ インバランス検知

ノード情報を収集
ノード間のインバランス状態を検知

❷ 長期同期プランニング

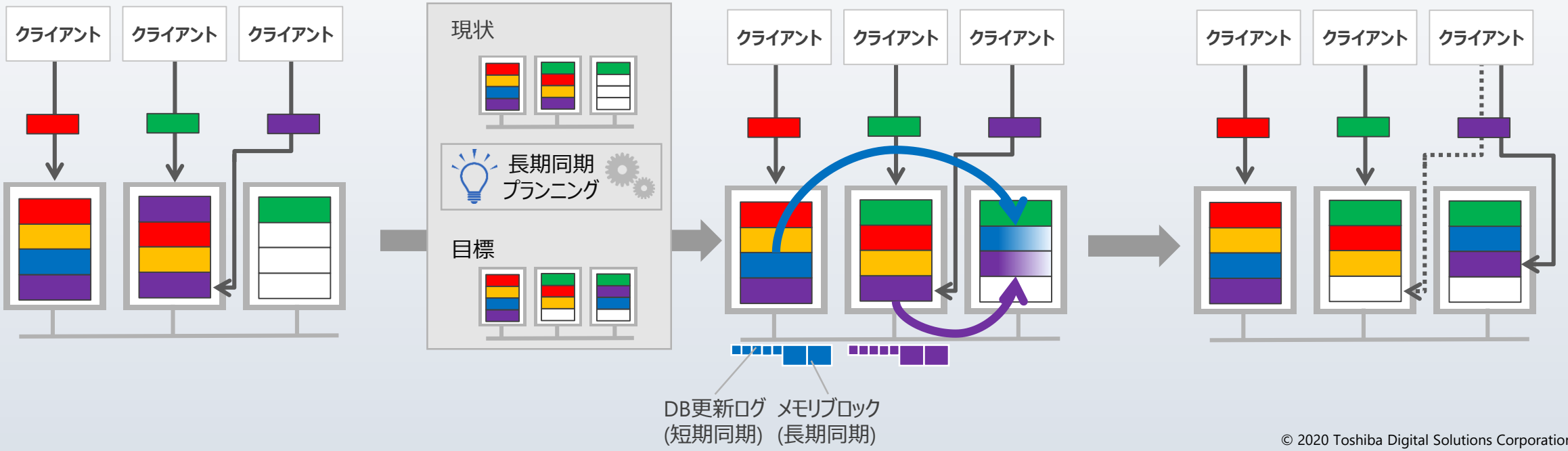
定常的な、短期同期(レプリケーション) とは別に、長期的な同期計画を作成

❸ データ再配置実行

リクエストの処理へ負荷を与えない範囲で、大きなメモリブロックと小さなDB更新ログを使い分けながら、高速同期

❹ アクセス切替え

短期同じ更新水位であることを確認
データ配置情報を書き換えて、アクセス切替え



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

抜群な使い勝手

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

こだわり・・・

実際のＩｏＴ、そしてＣＰＳで必要となる・・・

NoSQL (キー・バリュー) / SQL デュアル ＡＰＩ

ペタバイト級のデータ管理

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

NoSQL / SQL デュアル ＡＰＩ

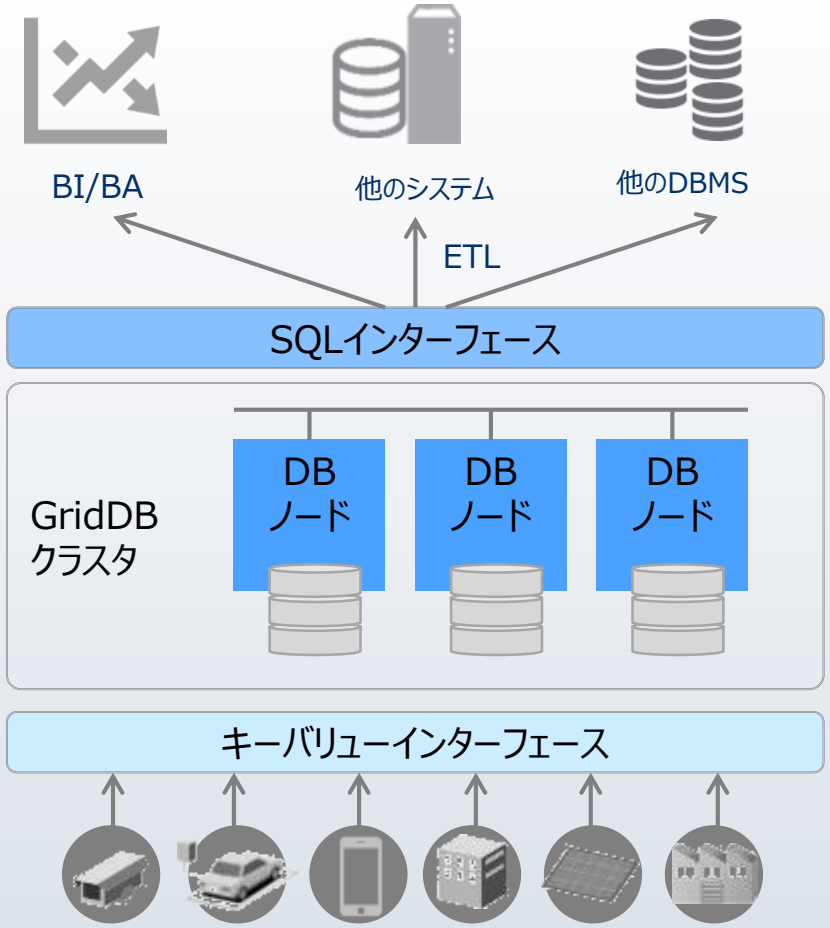
膨大なファストデータの素早い分析とアクションの実現

SQL インタフェース

- 分散並列SQL処理エンジン ・・・参照・分析
- 巨大なテーブルを高速にアクセスするための
  テーブルパーティショニング機能
- JDBC / ODBCドライバ➔BI/BAやETLツール連携

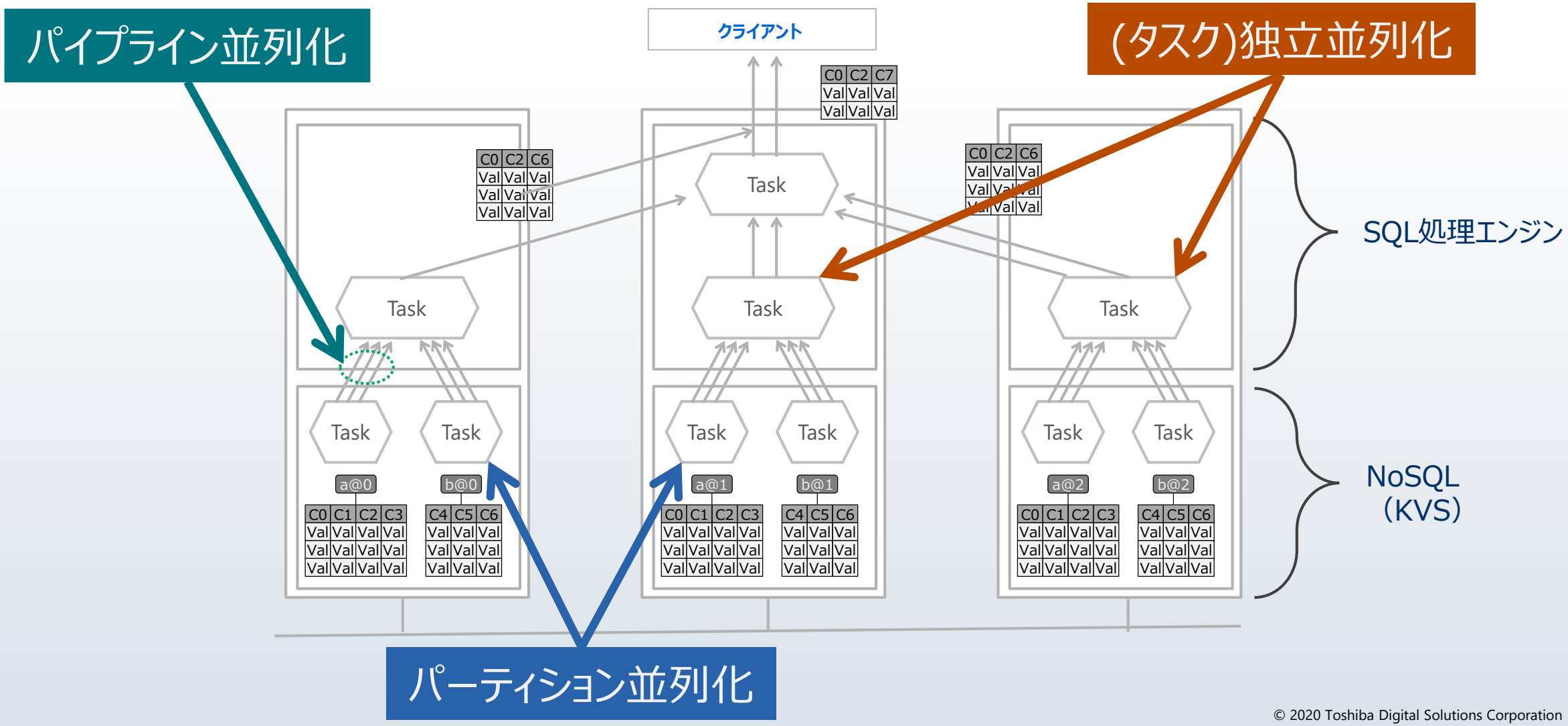
NoSQL (キー・バリュー) インタフェース

- KVS指向の高スループット、高レスポンス・・・登録・検索・更新
- キーコンテナのCRUD : Naitive I/F (put/get/remove), TQL
- Java / C / Ruby / Perl / Python / Go / Node.jsクライアント



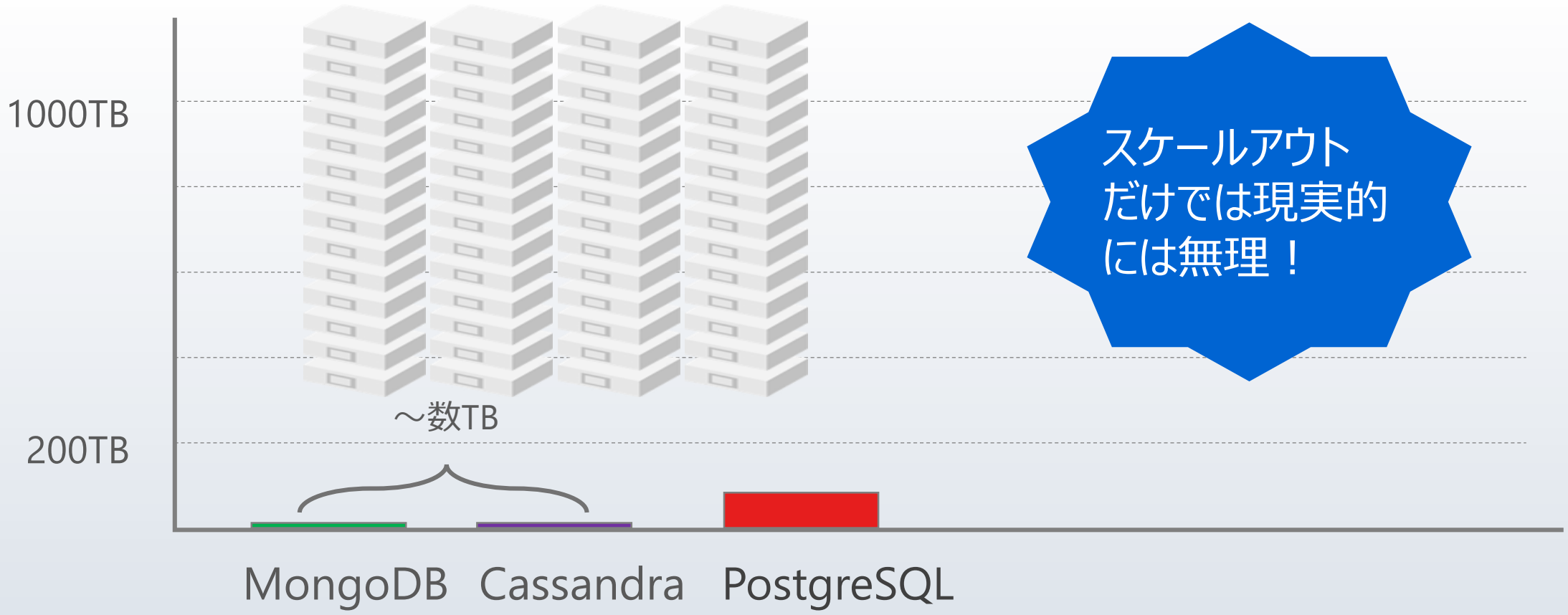
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

SQLインタフェースにおける分散並列処理



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ペタバイト級のデータ管理

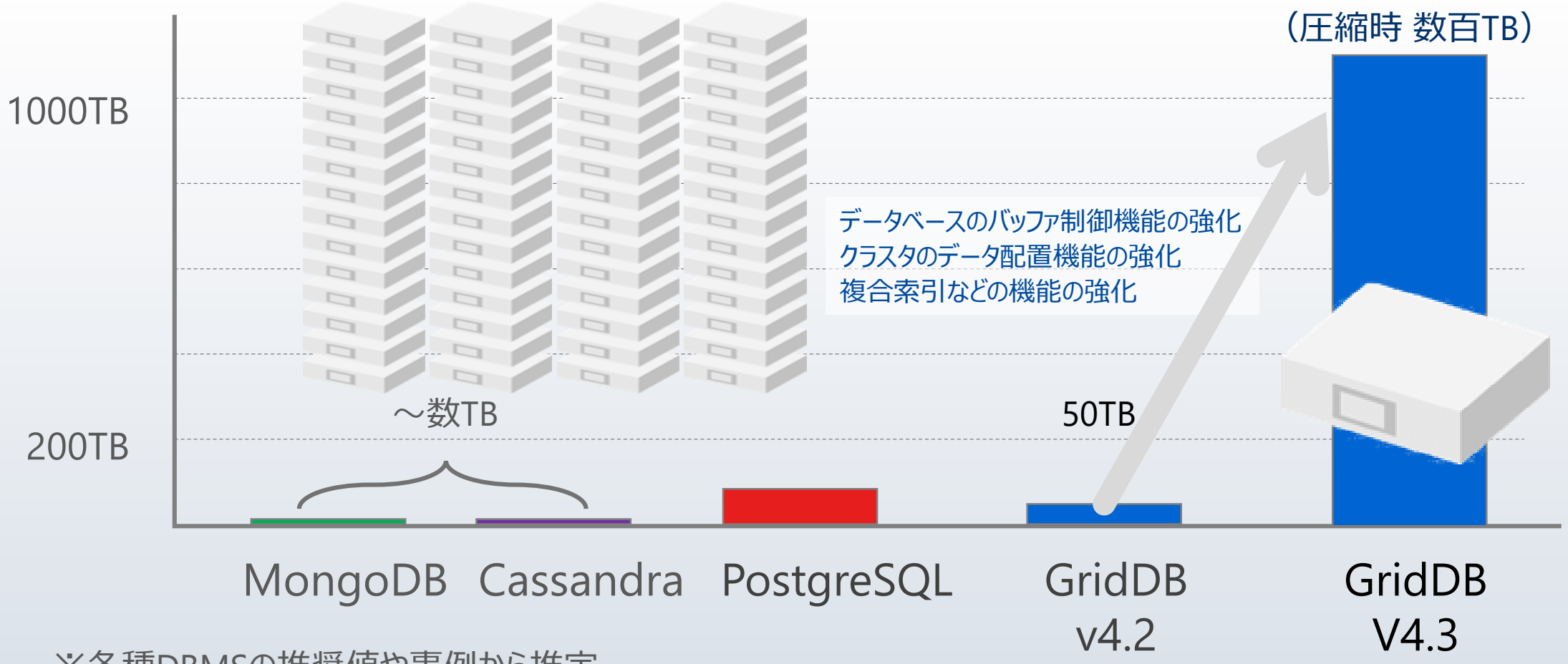


※各種DBMSの推奨値や事例から推定

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

1 サーバ当たり蓄積できるデータベースの最大サイズを拡大

内部のデータ管理構造の最適化でリソース使用量の大幅削減



※各種DBMSの推奨値や事例から推定

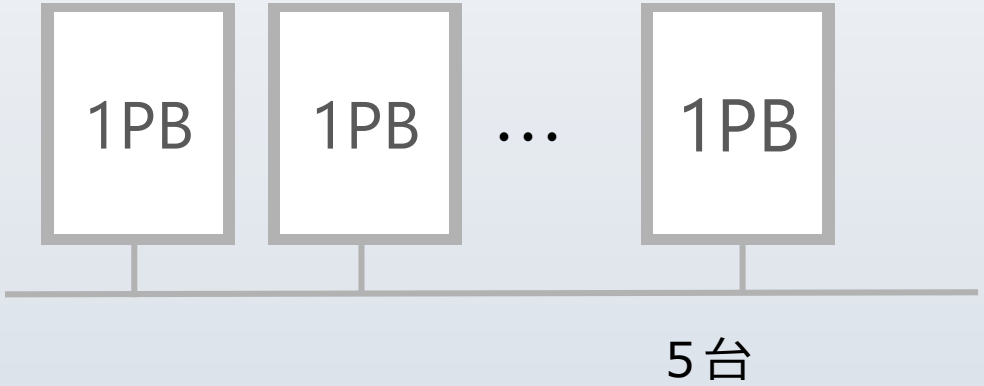
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

要件に応じてスケールアウトとスケールアップをベストミックス

	応答性能重視 (TB/ノード)	大規模重視 (PB/ノード)
NoSQL	インメモリ状態でスケールアウト	バランス考慮
SQL	バランス考慮	ネットワーク負荷を考慮し、スケールアップ＆スケールアウト

5PBのデータを
50TB×100台のサーバを分散した構成例

5PBのデータを
1PB×5台のサーバを分散した構成例



© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

導入事例

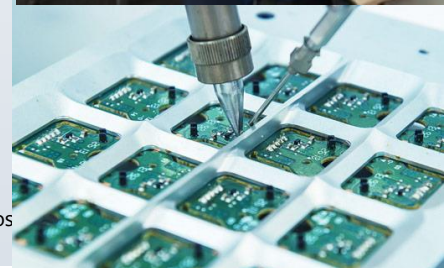
© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ビデオ

https://youtu.be/9-yf-XN1Bgg

代表的な導入事例

- フランス　リヨン 太陽光発電 監視・診断システム
  発熱量の遠隔監視、発電パネルの性能劣化を診断
- 電力会社 低圧託送業務システム
  スマートメータから収集される電力使用量を集計し、需要量と発電量のバランスを調整
- ＨＤＤ製造会社 品質管理システム
  製造装置のセンサーデータを長期にわたって蓄積・分析し、品質分析・改善に適用
- 半導体製造ライン 履歴管理システム
  製造履歴や品質履歴、材料データなどのデータを横串で分析し、製品の品質管理やトレーサビリティに適用
- 半導体製造ライン 異常検出システム
  製造ラインのセンサーデータをリアルタイムにAIで分析し、製造ラインの異常を検出
- デンソー ファクトリー Ｉｏ Ｔ
  工場のDigital Twinを実現し、生産性向上
- DENSO International America 次世代車両管理システム
  車両の各センサーデータを用いる車両管理システムのPoC



© 2020 Tos

代表的な導入事例

社会インフラを中心に、高い信頼性・性能が求められるシステムで採用されています

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

ＨＤＤ製造会社　品質管理システム

概要

- ＨＤＤ製造会社が品質管理システムを再構築
- これまではNETEZZAとExadataを使用→GridDB採用

システムの課題

- ＨＤＤの製造レコードを全件貯めることを目指しており、NETEZZAとExadataでは莫大なコストがかかる
  - データ蓄積量：1.9PB / 5年
  - 登録データ量：267 GB / 日
  - 分析用SQLによるアクセス頻度：約30,000 回 / 日

想定する成果

- Netteza、Exadataといった高性能DB専用機以上の性能を標準的なIAサーバで実現→大幅なコストダウン

オープンイノベーション活動

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

２０１６年２月 Github上にソースコードを公開

https://github.com/griddb/

griddb_nosql

high performance, high scalability and high reliability database for IoT & big data

fast iot database time-series nosql griddb

C++ 2,208 1,086 21 0 Updated 2 days ago

c_client

GridDB C Client

C++ Apache-2.0 8 6 2 0 Updated 4 days ago

Top languages

C++ Java HTML Ruby TypeScript

People 4 >

なぜオープンソースにしたのか！？

開発者、使用者、パートナーとのオープンイノベーション活動を通して

❶ ビッグデータ技術の普及促進

多くの人に知ってもらいたい、使ってもらいたい

いろいろなニーズをつかみたい

❷ 他のオープンソースソフトウェア、システムとの連携強化

エコシステムのパワーを最大限に活用

Data Processing

Visualization

Client Libraries

Analytics

Data Collection

Data Storage

Others

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

まとめ

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

まとめ

- ☑ ＩｏＴ、そしてＣＰＳをターゲットに設計したデータベースです。
- ☑ データモデル、高い処理能力、強い信頼性、柔軟な拡張性、そして実際にちゃんと使いやすいかの使い勝手にこだわりました。
- ☑ ＩｏＴ、そしてＣＰＳ などで、データベースにお困りの方、また興味のある方はぜひ検討いただければと思います。

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

GridDB

付録

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

関連URL

- GridDB 製品版サイト
  https://www.toshiba-sol.co.jp/pro/griddb/index_j.htm
- GridDB デベロッパーズサイト
  https://griddb.net/
- GridDB GitHubサイト
  https://github.com/griddb
- GridDB Twitter（日本/ 米国）
  https://twitter.com/griddb_jp / https://twitter.com/GridDBCommunity
- GridDB Facebook （日本/ 米国）
  https://www.facebook.com/griddbjp / https://www.facebook.com/griddbcommunity/
- GridDB お問い合わせ
  製品版：http://www.toshiba-sol.co.jp/pro/griddb/contact_j.htm
  プログラミング関連：Stackoverflow (https://ja.stackoverflow.com/search?q=griddb)
  もしくはGitHubサイトの各リポジトリのIssueをご利用ください
  プログラミング関連以外：contact@griddb.netもしくはcontact@griddb.orgをご利用ください

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation

関連URL：導入事例関連

- ＩｏＴ産業におけるGridDB導入事例
  https://griddb.net/ja/blog/three-examples-griddb-iot-industry/
- 自動車産業におけるGridDB導入事例
  https://griddb.net/ja/blog/griddb-automotive/
- 電力小売自由化に対応した大規模なスマートメーターデータの高速処理
  https://www.toshiba-sol.co.jp/articles/tsoul/22/004.htm
- ダントツ工場を目指すデンソー
  https://special.nikkeibp.co.jp/atclh/tomorrowtech/toshiba_denso/
- 神戸製鋼所様「コンプレッサＭ２Ｍクラウドサービス」
  http://www.toshiba.co.jp/cl/articles/tsoul/21/004.htm
- モノづくりの現場を支える東芝機械の「ＩｏＴ+m²プラットフォーム」
  https://www.toshiba-sol.co.jp/case/case2017/tsm.htm
- ものづくりＩｏＴソリューション「Meisterシリーズ」
  https://www.toshiba-sol.co.jp/industry/meister_next/index_j.htm
  https://special.nikkeibp.co.jp/atclh/tomorrowtech/factory_iot/

© 2020 Toshiba Digital Solutions Corporation