

クラウドストレージの最近の動向

— 利用体験の紹介とともに

2024年3月21日

国立情報学研究所
クラウド基盤研究開発センター
吉田 浩

本日本話ししたいこと

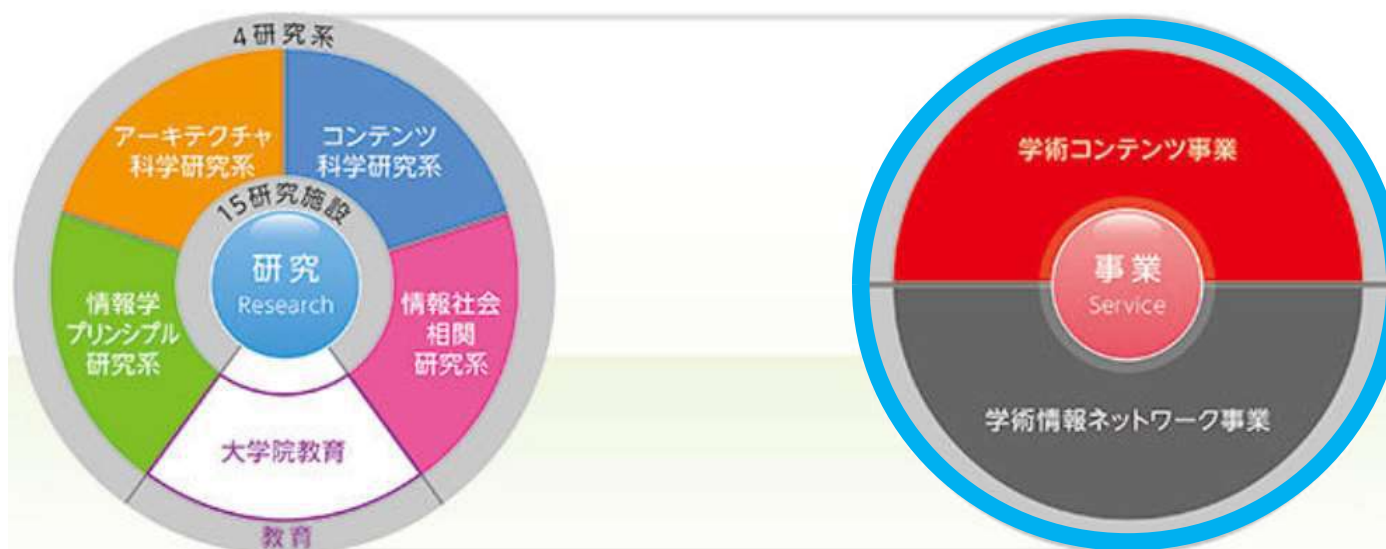
- 国立情報学研究所およびクラウド関連活動紹介
- クラウドストレージ一般動向
- ブロックストレージサービス
- オブジェクトストレージサービス
- オブジェクトストレージサービスの性能と価格に関する実践的情報

国立情報学研究所および クラウド関連活動紹介

国立情報学研究所 (National Institute of Informatics: NII)

<https://www.nii.ac.jp/>

■ 「研究」と「事業」を両輪として、情報学による未来価値を創成



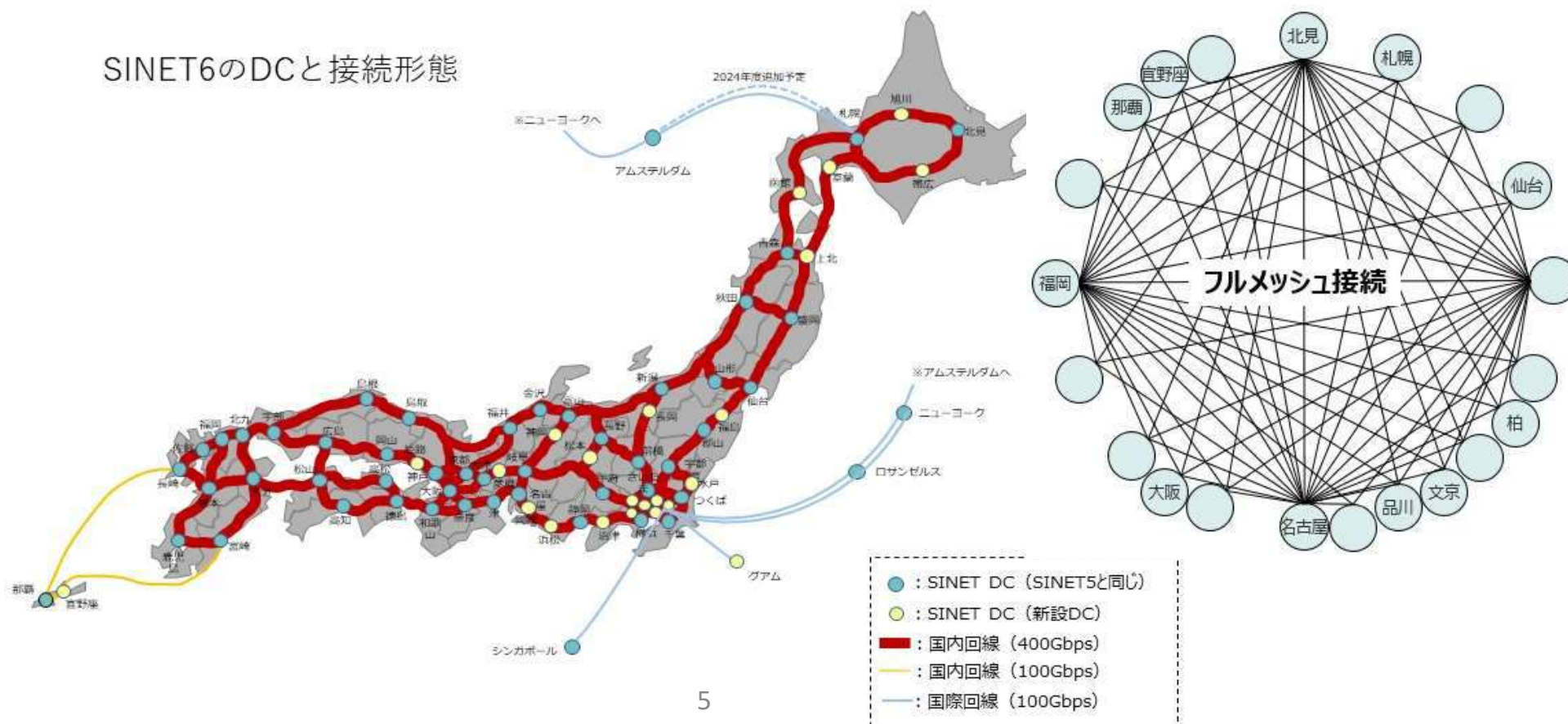
■ 学術情報ネットワーク「SINET6」		■ 学術情報の公開・共有		
■ 大学情報環境整備支援				
学認 (GakuNin)	<input checked="" type="checkbox"/>	CiNii Research	<input checked="" type="checkbox"/>	
eduroam JP	<input checked="" type="checkbox"/>	CiNii Books	<input checked="" type="checkbox"/>	
学認クラウド	<input checked="" type="checkbox"/>	CiNii Dissertations	<input checked="" type="checkbox"/>	
UPKI電子証明書発行サービス	<input checked="" type="checkbox"/>	KAKEN	<input checked="" type="checkbox"/>	
大学間連携に基づく情報セキュリティ体制の基盤構築 (NII-SOCS)	<input checked="" type="checkbox"/>	NII-REO	<input checked="" type="checkbox"/>	
		NII学術コンテンツサービスサポート	<input checked="" type="checkbox"/>	
		NACSIS-CAT/ILL	<input checked="" type="checkbox"/>	
		電子リソースデータ共有サービス (ERDB-JP、ライセンス)	<input checked="" type="checkbox"/>	
			NII-IRP	<input checked="" type="checkbox"/>
			IRDB	<input checked="" type="checkbox"/>
			JAIRO Cloud	<input checked="" type="checkbox"/>
			GakuNin RDM	<input checked="" type="checkbox"/>
			学認LMS	<input checked="" type="checkbox"/>
			AI等の活用を推進する研究データエコシステム構築事業	<input checked="" type="checkbox"/>
			オープンサイエンスのためのデータ管理基盤ハンドブック	<input checked="" type="checkbox"/>
			SPARC Japan	<input checked="" type="checkbox"/>

学術情報ネットワーク(SINET) (1)

<https://www.sinet.ad.jp/>

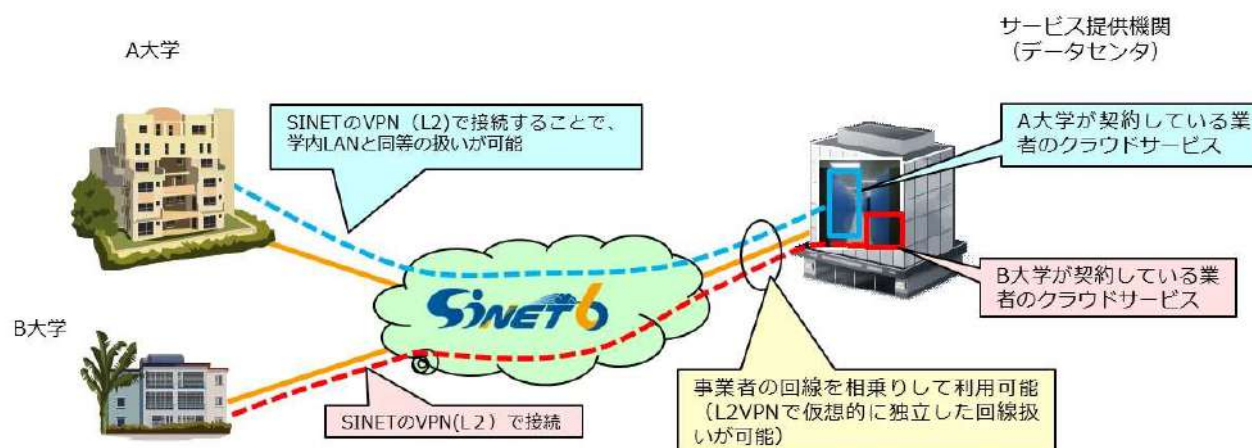
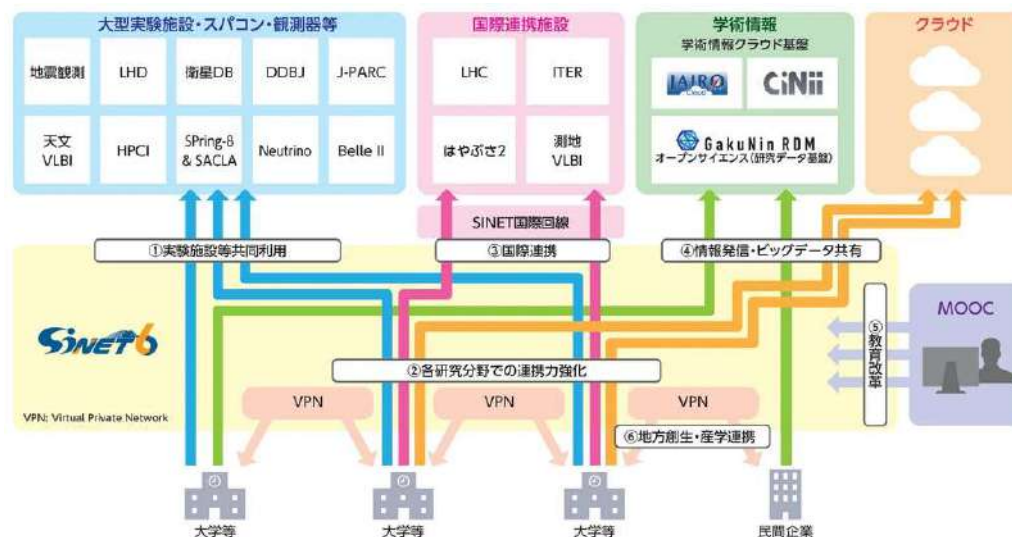
- SINET (Science Information NETwork)は、日本全国の大学・研究機関等の学術情報基盤として国立情報学研究所が構築・運用している情報通信ネットワークです。
 - 全国にノードを設置し、大学、研究機関等に対して先進的なネットワークを提供
 - 米Internet2や欧GÉANTをはじめとする多くの海外研究ネットワークと相互接続
 - 現在はSINET6を運用中 (2022年4月~)
 - 世界最高水準の 400Gbps回線ネットワークで有機的につなぎ、約1000機関に及ぶ大学・研究機関等にハイレベルな学術情報基盤を提供

SINET6のDCと接続形態



学術情報ネットワーク(SINET) (2)

- SINETを介したクラウド、セキュリティ、学術コンテンツ、研究データの安全な利用を促進し、高機能な研究教育環境の構築を支援
- あらゆる学術分野に寄与しうるオープンサイエンス発展のため、SINET と研究データ基盤の一体化を推進します。



L2VPNを活用した利用イメージ

Research Data Cloud

<https://rcos.nii.ac.jp/service/>

- 研究データのライフサイクルを支える基盤として、NII研究データ基盤 (NII Research Data Cloud: NII RDC)の開発(2017年～)・運用(2021年～)を実施



- **データガバナンス機能**
計画に基づきデータ管理等を機械的に支援し、DMPをプロジェクト管理に不可欠な仕組みへと変革
- **データプロビナンス機能**
データの来歴情報の管理から利用状況を把握でき、データ公開へのインセンティブモデルを提供
- **コード付帯機能**
データ・プログラム・解析環境のパッケージ化と流通機能を提供し、研究成果の再現性を飛躍的に向上
- **秘匿解析機能**
秘密計算技術で機微な情報も安心して解析できる環境の提供で、新しいデータ駆動型研究の世界を開拓
- **キュレーション機能**
専門的なデータキュレーションを実践できるエコシステムを構築し、データ再利用の促進に寄与
- **セキュア蓄積環境**
専用HWと高度な暗号化技術による超鉄壁ストレージを提供し、データの共有と保護の両立を実現
- **人材育成基盤**
研究データ管理に必要なスキルを学ぶ環境を提供し、全ての研究者を新しい科学の実践者へと育成

学認クラウド導入支援サービス

■ 大学・研究機関がクラウドを選択する際の基準や、その導入・活用に関わる**情報を整備・流通・共有**

■ 情報の中核は「クラウドチェックリスト」

- クラウド導入の検討
●仕様策定・調達
- チェックリスト回答の検証
- チェックリスト回答の提供
●大学・研究機関向け商品の提案



自社クラウドサービスにおいて
チェック項目に関して何がどの
ように提供されているかを回答

● 大学・研究機関の参照

● 47事業者参加中 (著名IaaSはほぼ参加) ※: 回答検証中

回答を専用サイトで参照
CSV形式でダウンロード可

回答を検証
● 根拠 (エビデンス) を確認
● 用語/記述内容/記述の深さを事業者間・サービス間で統一

- AZPower株式会社※
- Dropbox Japan株式会社
- 株式会社Fusic
- GMOインターネット株式会社
- 株式会社ImpervaJapan
- 株式会社KDDIウェブコミュニケーションズ
- MEGAZONE株式会社
- NTTコミュニケーションズ株式会社
- ServiceNow Japan株式会社
- TOWN株式会社※
- アシストマイクロ株式会社
- アマゾン ウェブ サービス ジャパン株式会社
- 株式会社イーストゲート
- 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
- エクスジェン・ネットワークス株式会社
- グーグル・クラウド・ジャパン合同会社
- クラウドエース株式会社
- クラスメソッド株式会社
- 国立情報学研究所
- 株式会社サイマル・テクニカルコミュニケーションズ※
- さくらインターネット株式会社
- サニークラウド (株式会社アイディーエス) ※
- 株式会社セールスフォース・ドットコム
- 株式会社セシオス
- 株式会社ダイレクトクラウド
- ドキュサイン・ジャパン株式会社※
- 株式会社トップゲート※
- 日本アイ・ピー・エム株式会社
- 日本オラクル株式会社
- 日本マイクロソフト株式会社
- 株式会社ねこじゃらし
- 富士ゼロックス株式会社
- 富士通Japan株式会社
- 富士通クラウドテクノロジーズ株式会社
- 北海道総合通信網株式会社
- 北海道大学情報基盤センター
- マカフィー株式会社
- 株式会社ミライコミュニケーションネットワーク

チェックリスト一覧

サービス種別: PaaS IaaS P-Cloud 事業者名: [検索] [実行]

CSV/Excelダウンロード

サービス種別	種別	チェック項目	事業者チェック項目	回答方法	Sub	last	Cloud	事業者対応	事業者対応	サービス名	Yes/No	応答状況
SaaS	A	1	製品/サービス名	製品/サービス名								
SaaS	A	2	製品/サービス名	製品/サービス名 (別件を含む)								
SaaS	A	3	製品/サービス名	製品/サービス名								
SaaS	A	4	製品/サービス名	製品/サービス名								
SaaS	B	1	運用体制	運用体制								
SaaS	B	2	運用体制	運用体制								
SaaS	C	1	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	2	契約内容	契約内容 (別件を含む) (別件を含む)								
SaaS	C	3	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	4	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	5	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	6	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	7	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	8	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	9	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	10	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	11	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	12	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	13	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	14	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	15	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	16	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	17	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	18	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	19	契約内容	契約内容 (別件を含む)								
SaaS	C	20	契約内容	契約内容 (別件を含む)								

(2023年7月現在)

学認クラウド導入支援サービスチェックリスト

- 大項目19、小項目112 (最新版)
- およそ年1回の改訂によって、ニーズの変化に対応

項番	チェック項目	詳細チェック項目数	概要
A	商品 / サービスの概要	4	タイトル、製品概要など
B	運用実績	2	契約法人数、サービス開始日など
C	契約申込み	8	支払方法、ライセンス体系など
D	認証関連	3	Shibboleth利用可否、学認対応状況、多要素認証など
E	信頼性	4	サービス稼働率の実績、計画停止の頻度など
F	サポート関連	5	サポート窓口、サポート回答時間など
G	ネットワーク・通信機能	9	SINET接続状況、通信の暗号化可否など
H	管理機能	12	稼働状況の一覧表示機能、利用統計など
I	ソフトウェア環境	4	利用可能OS、動作事例、動作プラットフォームなど
J	スケーラビリティ	5	リソースの上限、作成可能なサーバ上限数など
K	データセンター	7	防犯設備、データセンターの設置地域など
L	セキュリティ	11	セキュリティ対策、インシデント対応など
M	データ管理	9	データの多重化、ログなど
N	バックアップ	6	バックアップサービスの有無、リストアなど
O	クラウド事業者の信頼性	6	第三者委託の有無、委託先の個人情報保護など
P	契約条件	6	責任範囲の明確化、損害賠償責任など
Q	データの取り扱い	3	データの所有権 / 利用権、削除の方法など
R	データの引継ぎ	4	契約終了時の移行支援、イメージの移行性など
S	第三者認証	4	事業継続性、セキュリティなど

チェックリストの実物



国立情報学研 国立情報学研 国立情報学研 国立情報学研 国立情報学研 国立情報学研 学認クラウド導入支援サービス チェックリストVer.5.1

2021年7月21日更新

このチェック項目の検証 -SaaS / IaaS -備考欄は白		チェック項目	チェック項目	チェック項目	チェック項目	チェック項目	学認クラウド導入支援サービス チェックリストVer.5.1										提案サービスの区分を有から選択してください。		備考	Ver.4.1の該当番		
チェック項目		チェック項目	チェック項目	チェック項目	項目	詳細チェック項目	記入要領	回答方法	SaaS	IaaS	IDaaS	Yes / No	記述回答				備考	Ver.4.1の該当番				
商品 / サービスの概要	サポート関連	ソフトウェア連携	クラウド事業者の信頼性	第三者認証	R	4 ユーザーデータの移行性	オンプレミスの環境や他社クラウドにユーザーデータを移行することが可能か「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、何らかの移行ツールや手段は提供されるか記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○									R4		
					S	1 事業継続性	当該のサービスに携わる部署が事業継続性に関する第三者認証(ISO 20000, ISO 27001, ISO 22001BOMS)などを取得しているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、取得している第三者認証を記述回答欄に記入してください。(書き方ガイド「記入対象となる第三者認証」参照。)	Yes / No (記述あり)	○	○	○										S1	
					S	2 データセンター	当該のサービスに携わるデータセンターに関する第三者認証など(Uptime TierやJDDC FS-00)などを取得しているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、取得している第三者認証を記述回答欄に記入してください。(書き方ガイド「記入対象となる第三者認証」参照。)	Yes / No (記述あり)	○	○	○											S2
					S	3 セキュリティ	当該のサービスに携わる部署は、セキュリティに関する第三者認証など(プライバシーマーク, ISMAP, ISO 27001, ISO 27017, ISO 27018)などを取得しているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、取得している第三者認証を記述回答欄に記入してください。(書き方ガイド「記入対象となる第三者認証」参照。)	Yes / No (記述あり)	○	○	○											
通用実務	スケーラビリティ	データ管理	データの取り扱い	S	4 経営・事業	経営・事業に関する第三者認証(SOCC, ISO 14001)などを取得しているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、取得している第三者認証を記述回答欄に記入してください。(書き方ガイド「記入対象となる第三者認証」参照。)	Yes / No (記述あり)	○	○	○										S4		
				O	6 国内法人 / 国内総代理店等の有無	(海外に主たる拠点を置く事業者のみ回答) 日本国内法人もしくは国内総代理店など、国内に営業やサポートの窓口となる組織を有しているか「Yes/No」欄を選択してください。	Yes / No	○	○	○											O5	
				P	1 責任範囲の明確化	クラウド事業者と大学(ないし、エンドユーザー)の責任分界点は文書で定められているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、契約大学・研究機関がその文書を閲覧する方法(ウェブページに掲載、契約時に書面交付など)を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○												P1
				P	2 契約条件・SLAの変更手続き	契約期間中に、クラウド事業者が契約条件やSLAの変更を行う場合の手続きが文書で定められているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、契約大学・研究機関がその文書を閲覧する方法(ウェブページに掲載、契約時に書面交付など)を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○												P2
契約申込み	ネットワーク通信機能	データ管理	データの取り扱い	P	3 損害賠償責任	損害賠償・損失補償がなされる条件と賠償範囲、免責事項について、文書で定められているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、契約大学・研究機関がその文書を閲覧する方法(ウェブページに掲載、契約時に書面交付など)を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○										P3		
				P	4 準拠法	紛争時の準拠法は日本法か「Yes/No」欄を選択してください。 「No」の場合、国・州名を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○											P4	
				P	5 管轄裁判所	指定管轄裁判所はあるか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、管轄裁判所を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○											P5	
				P	6 事業終了の告知時期	クラウド事業者が事業を終了する場合、何か月前に終了を告知されるかが契約書や約款などの文書で定められているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、契約大学・研究機関がその文書を閲覧する方法(ウェブページに掲載、契約時に書面交付など)を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○												P6
認証関連	管理機能	バックアップ	リソースの引継ぎ	Q	1 データの知的財産権 / 使用権	ユーザがクラウドに格納したデータの知的財産権や使用権がクラウド事業者側には生じないこと(契約書や約款等に明記されている)か「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、契約大学・研究機関がその文書を閲覧する方法(ウェブページに掲載、契約時に書面交付など)を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○										Q1		
				Q	2 データの削除	ユーザがデータを明に削除した際の当該データ、あるいはユーザの都合により契約を終了した後のユーザ情報およびユーザが所有していた全データが再利用されないことが保証されているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、その方法を記述回答欄に記入してください(例: MS-TSP-300-03)に準拠した方法でデータをすべて削除する、など)。削除証明書の発行が可能 な場合には記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○											Q2, Q3, Q4	
				Q	3 アカウントの引継ぎ	大学・研究機関側の要請により、契約終了後もエンドユーザが引き続き同一アカウントを利用することは可能か「Yes/No」欄を選択してください(学生が卒業後も引き続き同一アカウントを利用できるなど)。	Yes / No	○	○	○												Q5
信頼性	管理機能	バックアップ	リソースの引継ぎ	R	1 契約終了時のデータの移行支援	ユーザの都合により契約を終了した時、ユーザがデータ移行の支援を受けることが可能か「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、その方法を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○										R1		
				R	2 サービス利用終了時のデータ確保	ユーザの都合により契約を終了する時、サービス利用終了前にユーザがデータを完全な形で取り出す方法が担保されているか「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、データの取得方法(ダウンロード、物理媒体の提供等)を記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○	○	○											R2	
				R	3 サーバイメージの移行性	サーバイメージをオンプレミスの環境や他社クラウドにダウンロードして動作させることは可能か「Yes/No」欄を選択してください。 「Yes」の場合、条件・方法について記述回答欄に記入してください。	Yes / No (記述あり)	○														R3

国立情報学研究所 クラウド支援室
<https://cloud.gakunin.jp/>
 Mail: cloud-office-support@nii.ac.jp

チェックリスト中のストレージ関連項目

チェック項目	項番	詳細チェック項目	記入要領
信頼性	E 3	データ耐久性の規定	データ耐久性 (Durability) を数値で規定しているか/その値/SLAとして規定しているか
データ管理	M 4	データの暗号化	
	M 5	暗号化鍵の管理方法	ユーザのデータ管理において暗号化に用いる鍵の管理方法は公開されているか/確認方法
	M 6	データの多重化	ユーザが格納したデータは多重化されているか/どのような手法か (RAID、複数データセンターに保存など) /災害対応など冗長性を考慮しているか
	M 7	データのアクセス制限	ユーザが格納したデータごと (例えばファイルごと) にアクセス制限のレベルを任意に設定することができるか/アクセス制限はどのように行うか (GUI操作、スクリプト記述など)
	M 8	クラウドストレージのデータアクセス開始時間	データのアクセス要求を発行してからアクセス可能となるまでの時間が公表されているか/その時間
	M 9	データのローカルコピー保持と同期	クラウド上に格納されたデータに対してクライアント側にローカルコピーをもつことは可能か/クラウド上のデータとの同期のタイミングや同期処理の性能
バックアップ	N 1	バックアップサービスの有無	ユーザがクラウドに格納したデータあるいはユーザが作成したサーバイメージのバックアップを行うサービスは提供されているか (管理者権限をもったユーザのスクリプト等による実現は除く)
	N 2	バックアップの自動化の可否	バックアップの取得を自動化することはできるか/ユーザがバックアップ対象やバックアップ時刻を任意に設定することは可能か
	N 3	バックアップの世代管理	複数世代のバックアップを取得・管理することは可能か/世代数の上限やフルバックアップ・差分バックアップの選択は可能か
	N 4	複数センターへの同時バックアップ可否	バックアップ先として同一インフラストラクチャ、別インフラストラクチャ、別データセンタ、別地域などを指定することは可能か/複数のバックアップ先のバックアップデータの一貫性を維持は可能か/災害対応を考慮する場合のバックアップ先の指定方法
	N 5	バックアップからのリストア	バックアップデータのリストアはユーザ自身で作業できるか/できない場合の事業者作業の依頼手順
	N 6	バックアップデータのセキュリティ	バックアップデータのアクセス制限や暗号化に関して、元のデータと同等のセキュリティレベルが継承されているか「Yes/No」欄を選択してください。
データの取扱い	Q 2	データの削除	ユーザがデータを明に削除した時の当該データ、あるいはユーザの都合により契約を終了した後のユーザ情報およびユーザが所有していた全データが再利用されないことが保証されているか/その方法 (例: NIST-SP-800-88に準拠した方法でデータをすべて削除する、など) /削除証明書発行が可能か
リソース引継ぎ	R 1	契約終了時のデータの移行支援	ユーザの都合により契約を終了した時、ユーザがデータ移行の支援を受けることは可能か/その方法
	R 2	サービス利用終了時のデータ確保	ユーザの都合により契約を終了する時やクラウド事業者が事業を終了する時、サービス利用終了前にユーザがデータを完全な形で取り出す方法が担保されているか/データの取得方法 (ダウンロード、物理媒体の提供等)
	R 4	ユーザデータの移行性	オンプレミスの環境や他社クラウドにユーザデータを移行することが可能か/何らかの移行ツールや手段は提供されるか

注)リソース一般に適用される項目(使用状況監視、データセンターの安全性、クラウド事業者の信頼性、セキュリティポリシー、第三者認証取など)は除く。

おことわり

以下の記述において、プロバイダや商品の
実名や性能測定結果をあげておりますが、あくまでも
技術的・実用的な関心からの説明です。
特定のプロバイダ・商品を推奨／批判する意図はござ
いませぬので、ご理解ください。

なお、情報の最新化を心がけておりますが、実際に
ご利用になる際は、プロバイダのWebサイト等で
最新情報をご確認ください。

クラウドストレージの一般動向

クラウドストレージの分類の視点

■ サービスモデルの視点： IaaS、 PaaS、 SaaS

■ IaaS的なストレージサービス

例. AWS S3/Glacier/EBS Microsoft Azure Storage
 Google Cloud Storage Oracle Cloud Storage など

■ PaaS/SaaS的なストレージサービス

- データ共有/同期

例. Microsoft OneDrive Google Drive
 Dropbox Box

Apple iCloud Drive

など

- バックアップ、事業継続
- アーカイブ
- ：

■ 対象利用者の視点

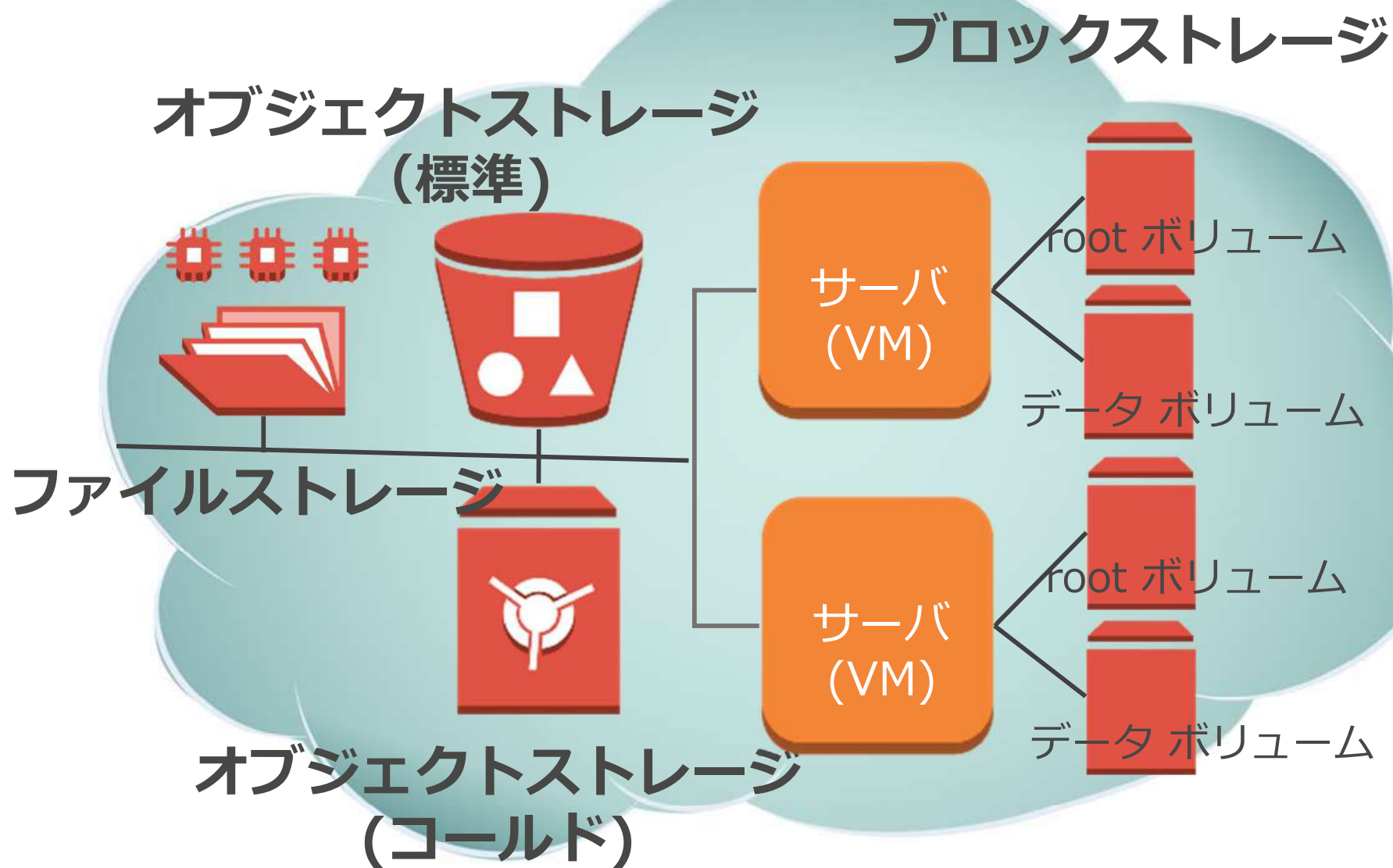
■ エンドユーザ向け、コンシューマ向け

■ エンタープライズ向け：管理機能の強化

■ サービスプロバイダ向け： SaaSプロバイダ向けなど

IaaSのストレージサービス

- 一般的にIaaSでは3種類のストレージサービスが提供される。
 - ブロックストレージ
 - オブジェクトストレージ (標準/コールド)
 - ファイルストレージ



ブロックストレージ

- ディスクボリュームに見える。
- ブートディスクやデータディスクとして仮想サーバ/インスタンスに接続

→ クラウド外からは直接見えない。
サーバインスタンス間の共有も原則できない。

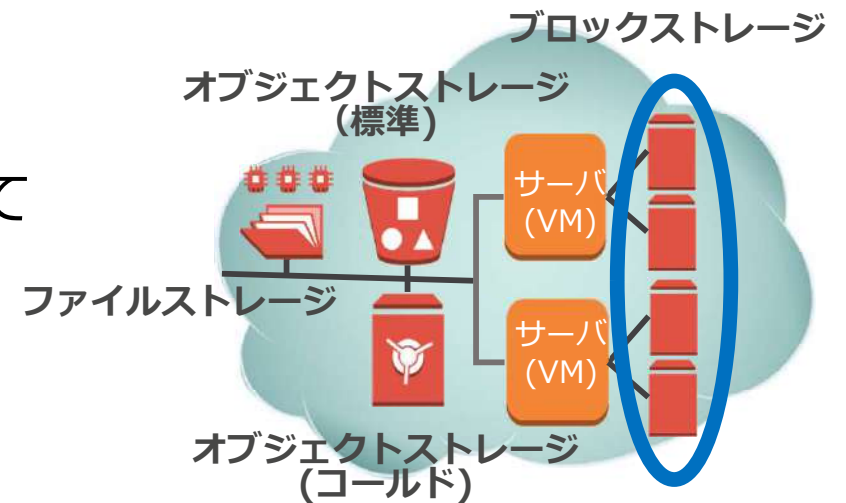
- ブロックI/Oでアクセス

- 多くの場合、この上にOSのファイルシステムを構築し、ファイルインターフェースでアクセス (POSIXファイルインターフェース等)

- サービスの実例

- AWS Elastic Block Storage (EBS)

→ クラウドを使う上では必須のサービスなので、後に説明



ファイルストレージ

■ 「NASのクラウドサービス化」

- NFSによって複数サーバ間でストレージを共有
→ クラウドの中および外から見える。

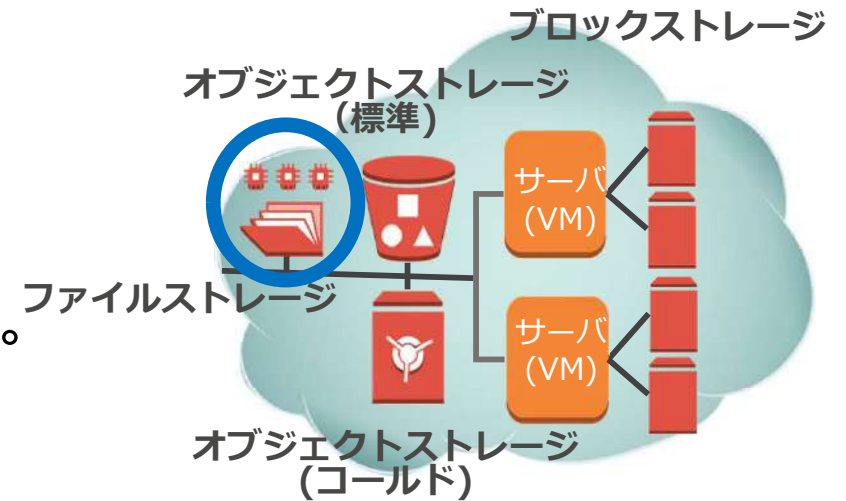
■ サービスの実例

■ AWS Elastic File System (EFS)

- ブロックストレージ (EBS) : インスタンスを使うときは必須
- オブジェクトストレージ : AWSのサービス開始時から存在し、低価格で大容量データの格納に便利 → この方向で商品拡充
- EFS : 価格も高く、利用局面は限られる？

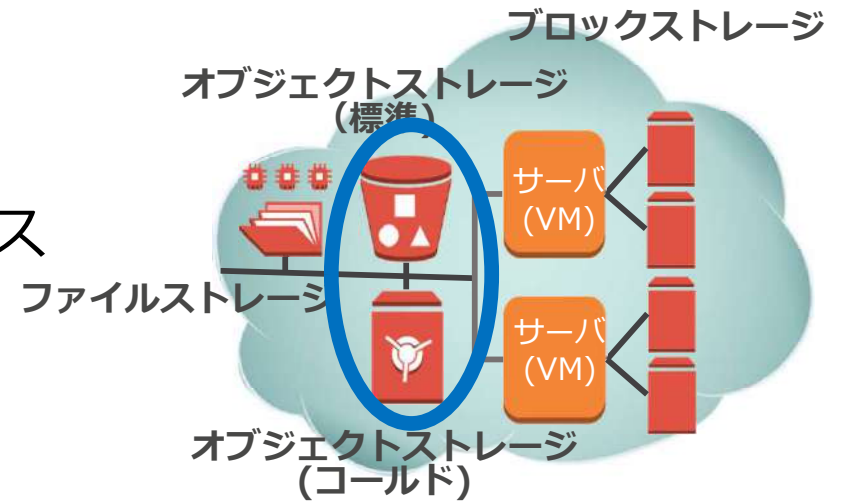
■ NASのクラウドサービス化の別のアプローチ

- AWS FSxで、サーバインスタンスやEBSを使って、共用ファイルシステムを構築・運用できるマネージドサービスを提供
 - NetApp ONTAP、Open ZFS、Windows File Server, Lustreを提供



オブジェクトストレージ

- 「クラウドらしい」ストレージ
- 可変長のバイト列(オブジェクト)に一意的なURIを付け、REST APIでアクセス
 - URI: Universal Resource Indicator
 - REST API : http PUT/GETなど
- クラウド内部/外部からアクセス可能
 - httpベースなので、特殊なクライアントやネットワーク設定は不要
- 複数のストレージ階層が提供されることが多い。
 - 標準ストレージ階層
 - コールドストレージ階層 (低頻度アクセス階層、アーカイブ階層)
- サービスの実例
 - AWS Simple Storage Service (S3)
 - この仕様・APIが、「S3互換」として事実上の標準となっている。
注) ISOには、SNIAが制定したCDMIという標準仕様がある。
- アプライアンス型のストレージ製品や、ソフトウェア製品として提供されることも、ごく一般的になっている。



→ 長期・大量・低価格のデータ保管という観点から、本日の話題の中心

ストレージサービスの価格設定

■ Amazon Web サービスの例 (東京リージョン)

ブロック ストレージ	HDD	\$0.054 /GB・月 (st1) or \$0.018 /GB・月 (sc1: コールドHDD)
	SSD	\$0.12 /GB・月 (gp2) or \$0.096 /GB・月 + \$0.006 /IOPS・月 + \$0.048 / (MB/s)・月 (gp3)
ファイルストレージ		\$0.36 /GB・月
オブジェクトストレージ (標準)		\$0.025 /GB・月 (S3)
オブジェクトストレージ (コールド)		\$0.0138 /GB・月 (S3低頻度アクセス) or \$0.0045 /GB・月 (Glacier Flexible Retrieval)

[2024年3月時点の日本国内リージョンの価格]

注. 最近は、「低頻度アクセスファイルストレージ」として、標準オブジェクトストレージに近い価格のサービスもある。

ブロックストレージサービス

ブロックストレージサービスの実例

■ AWS EBS (Elastic Block Storage)

■ SSD、HDDなどいろいろなタイプのブロックストレージが選択可能

■ 性能

• 旧タイプの汎用SSDの場合

✓ IOPSとスループットは容量に応じた固定値

✓ 急激なI/O要求増大に対し、一定条件のもとでバースト可能

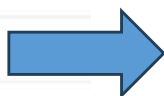
• 新タイプの汎用SSDの場合

✓ 追加料金を払えばIOPSやスループットを増強可能

■ OSからの見え方

• この例では、3つのEBSボリュームがアタッチされている。

ボリューム ID	デバイス名
vol-012da1312ef02cbe0	/dev/sda1
vol-08629dbd4866417b7	/dev/sdf
vol-0657a1e210e144735	/dev/sdg



OSからの見え方

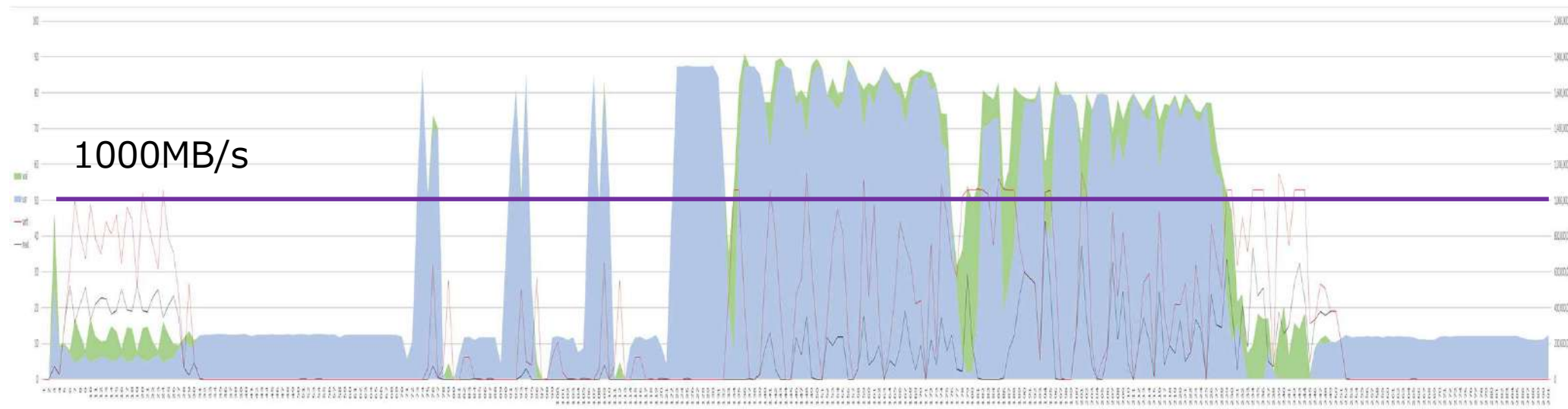
```
crw-----. 1 root Luster 245, 0 Jul 6 01:00 /dev/nvme0
brw-rw----. 1 root disk 259, 1 Jul 6 01:00 /dev/nvme0n1
brw-rw----. 1 root disk 259, 2 Jul 6 01:00 /dev/nvme0n1p1
crw-----. 1 root row 245, 1 Jul 6 01:00 /dev/nvme1
brw-rw----. 1 root disk 259, 0 Jul 6 01:00 /dev/nvme1n1
crw-----. 1 root row 245, 2 Jul 6 01:03 /dev/nvme2
brw-rw----. 1 root disk 259, 3 Jul 6 01:08 /dev/nvme2n1
```

ブロックストレージの性能実測結果例(1)

■ 新タイプ汎用SSDのスループット増強効果(電波望遠鏡の解析アプリケーションの実例)

■ Read—/write—スループットとCPU(usr ■ /wait ■) [共に積上げグラフ]

- スループット1000MB/sを指定した場合



- スループット700MB/sを指定した場合



ブロックストレージの性能実測結果例(2) : SSD vs HDD

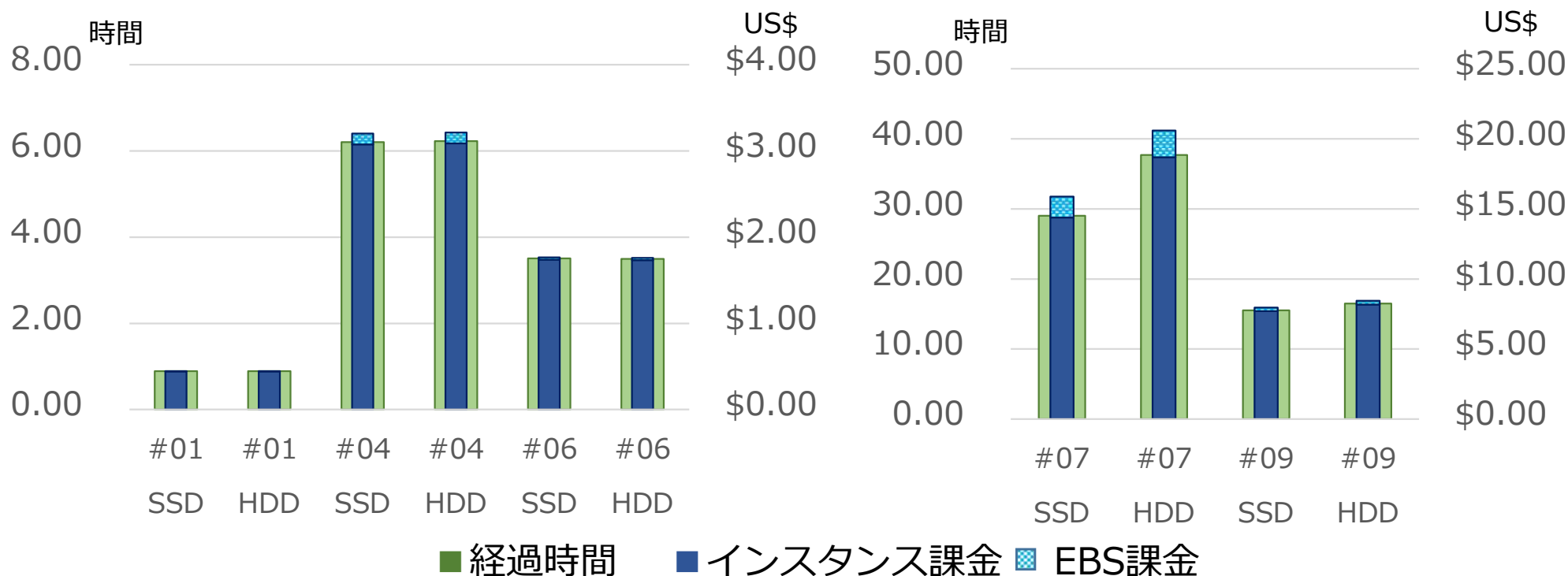
■ ブロックストレージ : SSD (gp2)とHDD (st1)の性能を実際に比較

■ 電波望遠鏡データの解析処理の例 (途中経過/解析結果を格納)

■ 測定結果

- SSDを利用すると、最大20%程度解析時間が短縮される場合がある。
- 現在のAWSの価格設定では、SSDとHDDの料金差よりも、インスタンスを長時間使用することによる課金上昇のほうが大きい。
(∵ インスタンスの時間単価 ≫ ブロックストレージの時間単価)

→ この場合は、SSDを使ったほうが総コストが下がる。



オブジェクトストレージサービス (コールドストレージサービスを含む)

オブジェクトストレージとは

■ オブジェクト

- 可変長のバイト列とそれに付随するメタデータ
- 固有のURI：これを使ってクラウド内およびクラウド外からアクセス

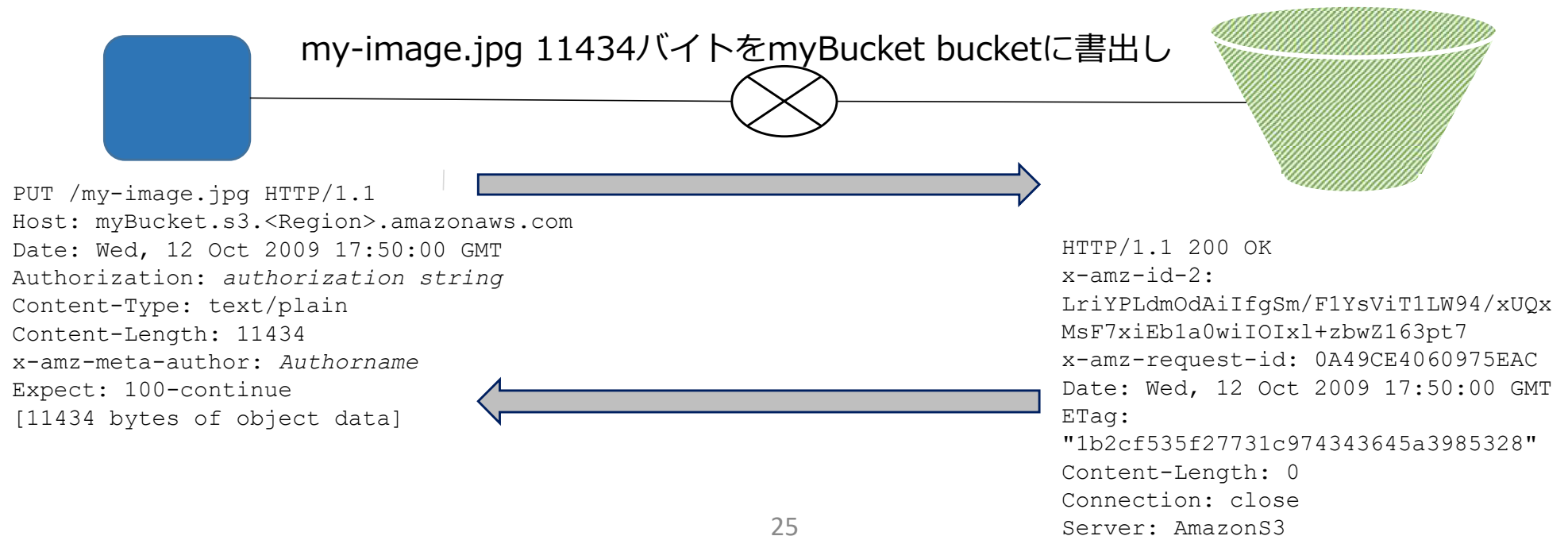
■ バケット（「コンテナ」と呼ぶ場合もある）

- 複数のオブジェクトをまとめて管理・操作するための単位

■ オブジェクトは更新不可 → 新バージョンの作成、あるいは削除のみ可能

■ かつては「結果整合性(eventual consistency)」が特徴であったが、AWS(2020~)やGoogleは「強い整合性」を保証 → 書込み結果は即参照可能

■ REST APIでオブジェクトやバケットのアクセスや操作を行う。



オブジェクトストレージサービス

- オブジェクトストレージをクラウドサービス化したもの
 - ストレージ容量 (+アクセス量) に応じた従量制課金
 - 冗長性 (複数コピー、複数リージョンなど) や管理機能の提供
 - REST API、言語別ライブラリ、GUI、CLIの提供
- 複数のストレージ階層が提供されることが多い。
 - 標準ストレージ階層
 - コールドストレージ階層 (低頻度アクセス階層、アーカイブ階層)
 - 低アクセス頻度のデータの長期保管
 - 標準サービスと比較して安価な保管料金
- 実装方式: 詳細は公開されていないことが多い
 - 標準ストレージ階層
 - HDD (恐らくSSDも併用)
 - コールドストレージ階層
 - HDD あるいはコールド ストレージ装置(テープ装置など)

オブジェクトストレージサービスの最近の状況

- メガプロバイダ各社は、
標準オブジェクトストレージ ~ コールドストレージまでの
ストレージ階層の商品ラインナップを取り揃えて提供（ほぼ横並び）
 - コールドストレージに関しては、SNIAの定義にある「プライマリストレージより少なくとも一桁低いコスト」実現されている。

- ストレージに特化した新興プロバイダによる新たな競争
 - コールドの価格で標準オブジェクトストレージと同等仕様 (Wasabi)
 - データ転送量の無料化 (Wasabi、Cloudflareなど)
 - ケーススタディ: Wasabi
 - S3互換オブジェクトストレージサービス
→ 使い勝手はS3とほぼ同等だが、コールドストレージ並みの価格帯で提供
 - 0.03432円/GB日=1.06392円/GB月[税込] (NTTコミュニケーションズ社価格)
 - ストレージ階層的な区分はない (モノクラス)
 - クラウド外へのデータ転送は無料

→ メガプロバイダも、特にコールドストレージ料金を下げてきている。

コールドストレージとは

■ SNIA*の定義

プライマリストレージより少なくとも一桁**低いコスト**で、コールドデータ(**頻繁にはアクセスされないデータ**)を格納するデータストレージデバイス、システム或いは**サービス**。

コールドストレージの特長は、性能より低コストを実現するための、大容量、省エネルギー、長期データ保管である。

■ パブリッククラウド(IaaS)のコールドストレージサービス

■ オブジェクトストレージサービスの一種

■ アクセス頻度が比較的低いデータの長期保管を主な用途として想定

■ 容量当たりの保管料金が、標準オブジェクトストレージサービスと比較して、相対的に低い。

■ 保管料金を下げるトレードオフとして、特有の仕様を持つ。

* 「ストレージネットワーキング用語集」

<https://www.snia-j.org/dictionary/>

コールドストレージサービス特有の仕様

- 以下が組み合わされることが多い。
 - 長時間の復元処理(通常オブジェクトストレージに復元)
 - 時間オーダ
 - 追加料金で高速化できることもある。
 - アクセス課金割増
 - 取出し課金割増(従量and/orリクエスト数)
 - 復元処理に課金
 - 最低保持期間
 - これより早期に削除しても、最低保持期間分の保管料が課金される。
 - 可用性・冗長性が標準オブジェクトストレージより低い (あるいは下げられる)。
 - オブジェクト長の制限 (最低128KBなど)
- 組合せ方は、プロバイダごとに特色がある。
 - 一つのプロバイダでも、組合せが異なる複数のサービスを提供することもある。
 - 標準オブジェクトストレージにより近いサービスと、よりコールド性 (アーカイブ性) の高いサービスの組合せなど

メガプロバイダのコールドストレージサービス仕様

■ 各プロバイダの提供サービスの特徴

■ 2024年3月現在の状況

	AWS				Azure***		Google			Oracle		Wasabi
	S3 IA*	Glacier Instant Retrieval	Glacier Flexible Retrieval**	Glacier Deep Archive	BLOB Cool	BLOB Archive	Coldline	Nearline	Archive	IA	Archive	
長時間の復元処理 (時間オーダ)	—	—	1-5分 3-5時間 5-12時間	<12時間 <48時間	—	<15時間 <1時間	—	—	—	—	≈1時間	—
データアクセス 課金割増あるいは 復元処理課金 (ともに操作/従量)	操作 +従量	操作 +従量	復元 (操作 +従量)	復元 (操作 +従量)	操作 +従量	操作 +従量	操作 +従量	操作 +従量	操作 +従量	従量	—	—
最低保持期間	30日	90日	90日	180日	30日	180日	30日	90日	365日	31日	90日	30日
可用性や性能の 差異	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—

IA: Infrequent Access

** 旧Glacier

*** 1~3年間の容量予約割引あり

■ 2022年ごろまでに、各社の商品体系はほぼ同じになった。

ご参考：コールドストレージの復元処理

- データ読出し前に復元処理が必要なコールドストレージサービスもある。

- 復元処理の概略

例. S3オブジェクトをライフサイクル管理機能でGlacierに移行した場合

- 復元リクエストの発行

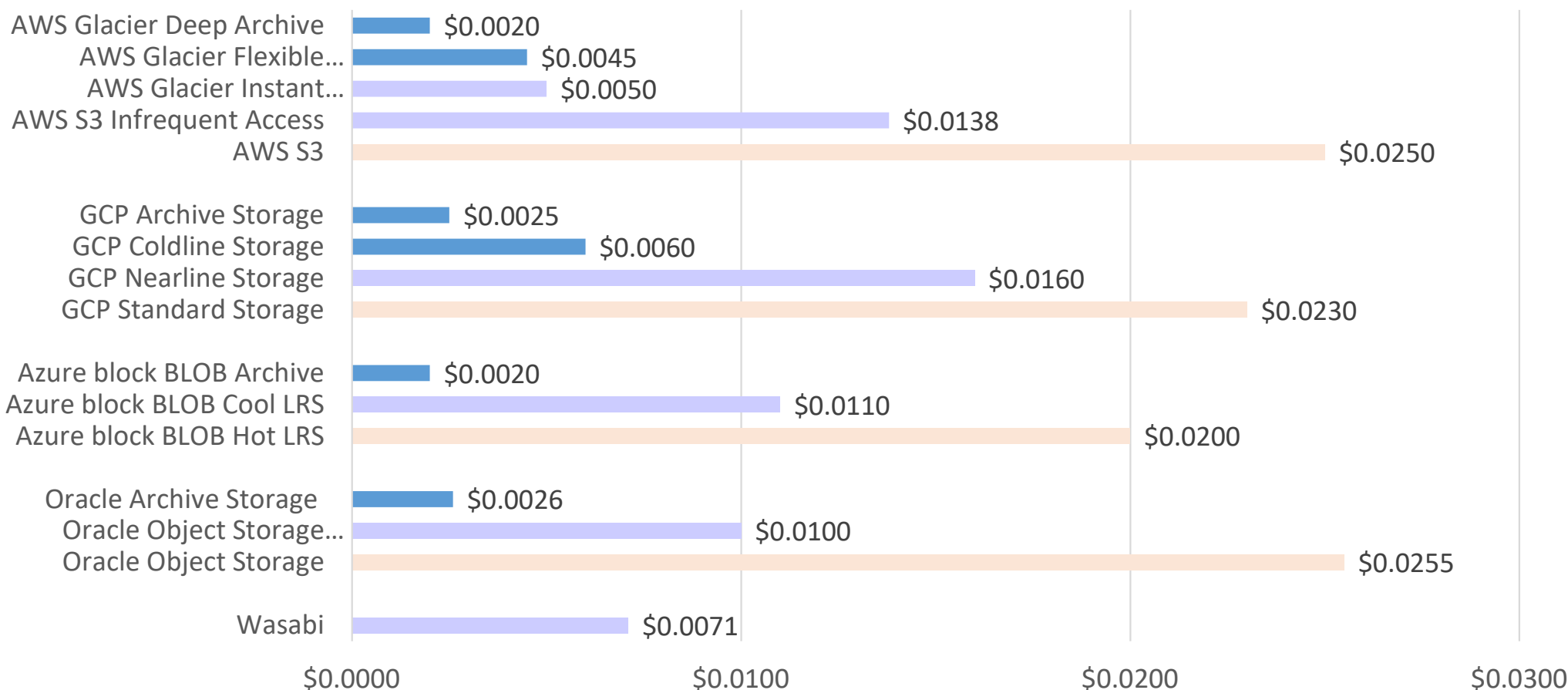
```
s3cmd restore --recursive --restore-days=1 --restore-priority=bulk  
s3://bucket-name/
```

- 終了のポーリング

```
for key in `aws s3api list-objects --bucket bucket-name --output json |  
jq -r '.Contents[].Key'`; do  
status=`aws s3api head-object --bucket bucket-name  
--key $key --output json | jq -r .Restore | awk '{print $1}'`  
if [ "$status" = "$true" ] then continue  
else ... /* リストア未了なので中断 */  
fi  
done
```

オブジェクトストレージ価格比較(1)

- メガプロバイダ各社は、標準オブジェクトストレージ~コールドストレージまでの階層ストレージの商品ラインナップがほぼ横並びで完成
- ストレージに特化した新興プロバイダによる新たな競争(価格破壊)の動きも発生

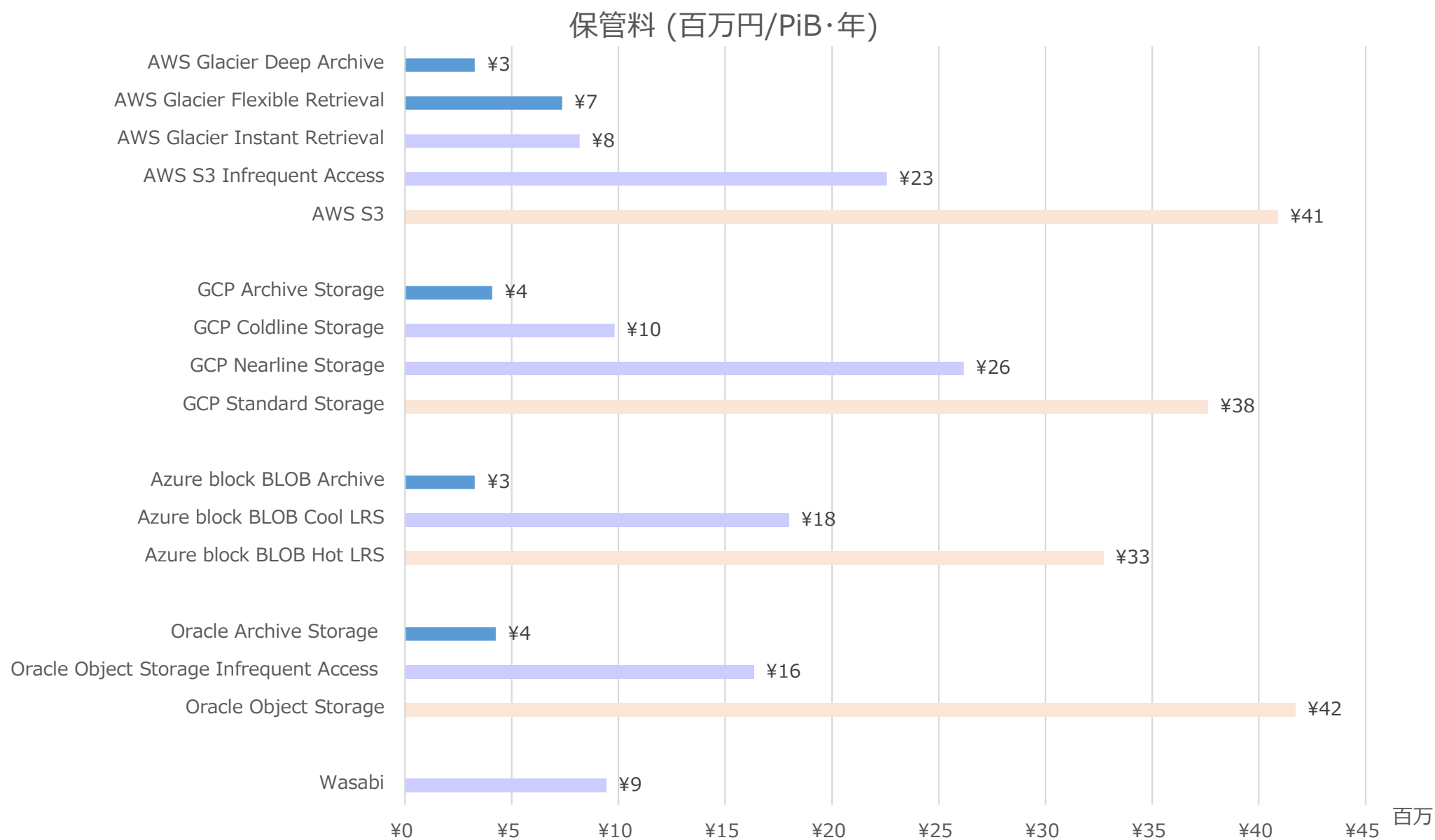


単位: USD/(GB*月) [2024年3月時点の日本国内あるいは東京リージョンの価格]

注) Wasabiは円建価格を\$1=¥150で換算

オブジェクトストレージ価格比較(2)

■ 1PiBの年間保管コスト



単位: 百万円/(PiB*年) [2024年3月時点の日本国内あるいは東京リージョンの価格、\$1=¥130]

保管料金と取だし料金の関係

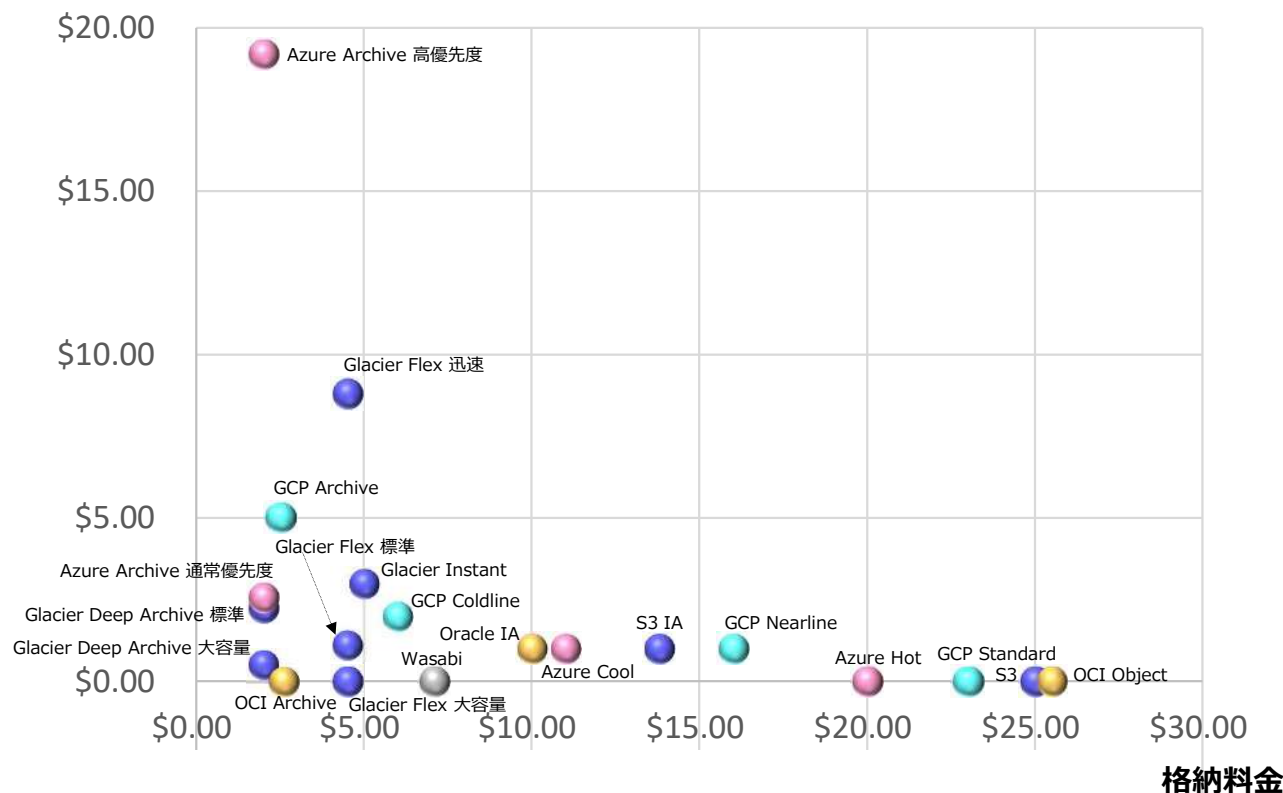
■ 想定

- 格納オブジェクト 200MB × 5000個 (1TB)
- 1月に500オブジェクトを取だし(100GB)
- X軸: 1か月当たりの格納料金 Y軸: 1か月の取だし料金
(ネットワーク転送料金は含まず、2024年3月時点の料金)

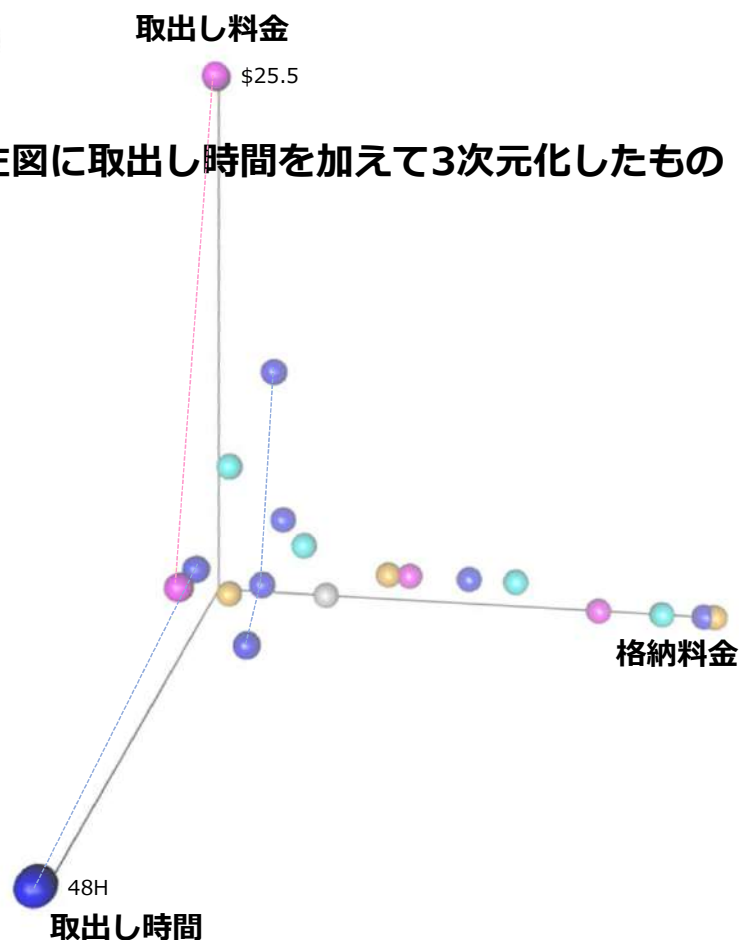
としてグラフ化

- 一般にcold度が高いサービスほど、格納料金は低いが、取出しに料金が必要 (特に短時間で取り出すと高い)

取だし料金 各サービスにおける格納料金と取だし料金の関係



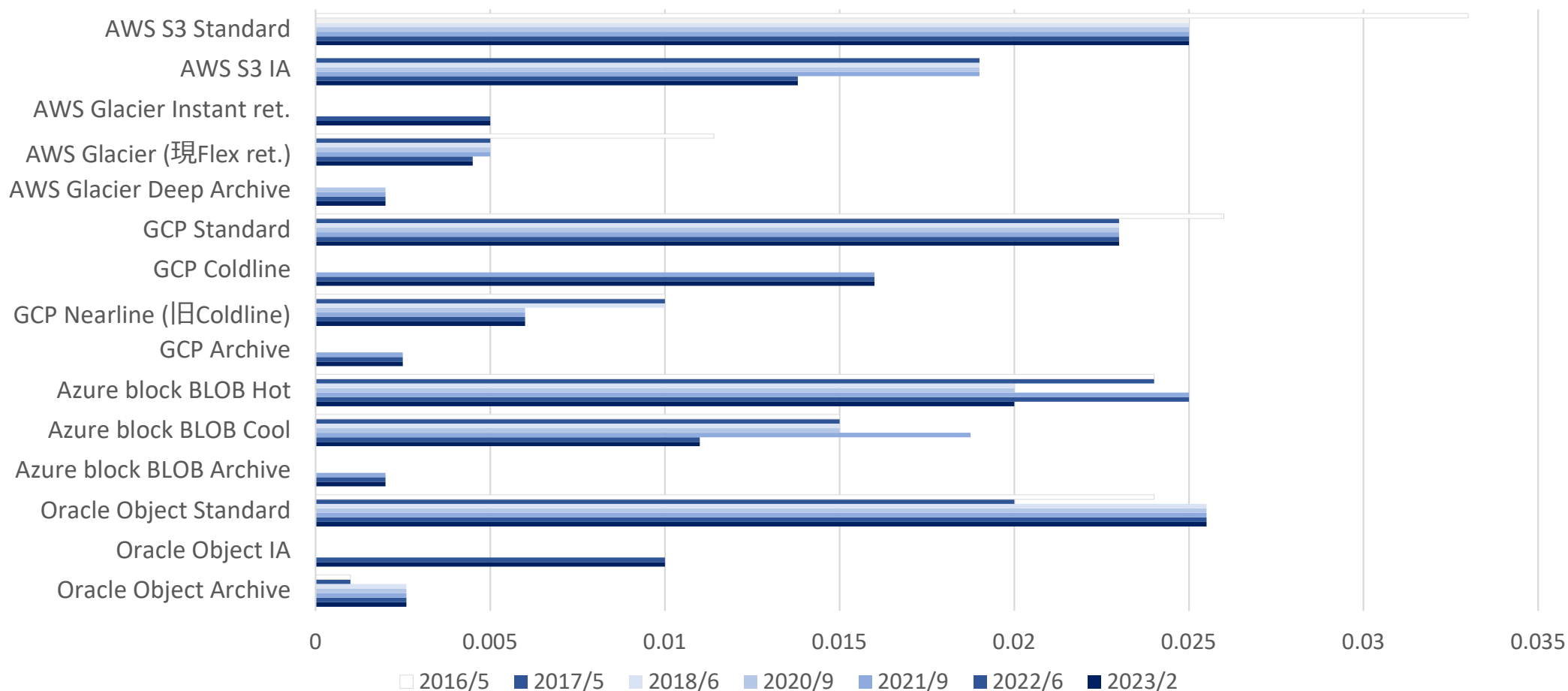
左図に取だし時間を加えて3次元化したもの



ストレージサービスの価格動向

- クラウド価格はどんどん下がるという声もあるが、ストレージに関しては、
 - 2018年以降はほぼ一定
 - 競合状況に合わせて変動
 - 2021年ごろからコールドストレージ商品の価格が多様化

クラウドストレージ価格の変遷(USD)

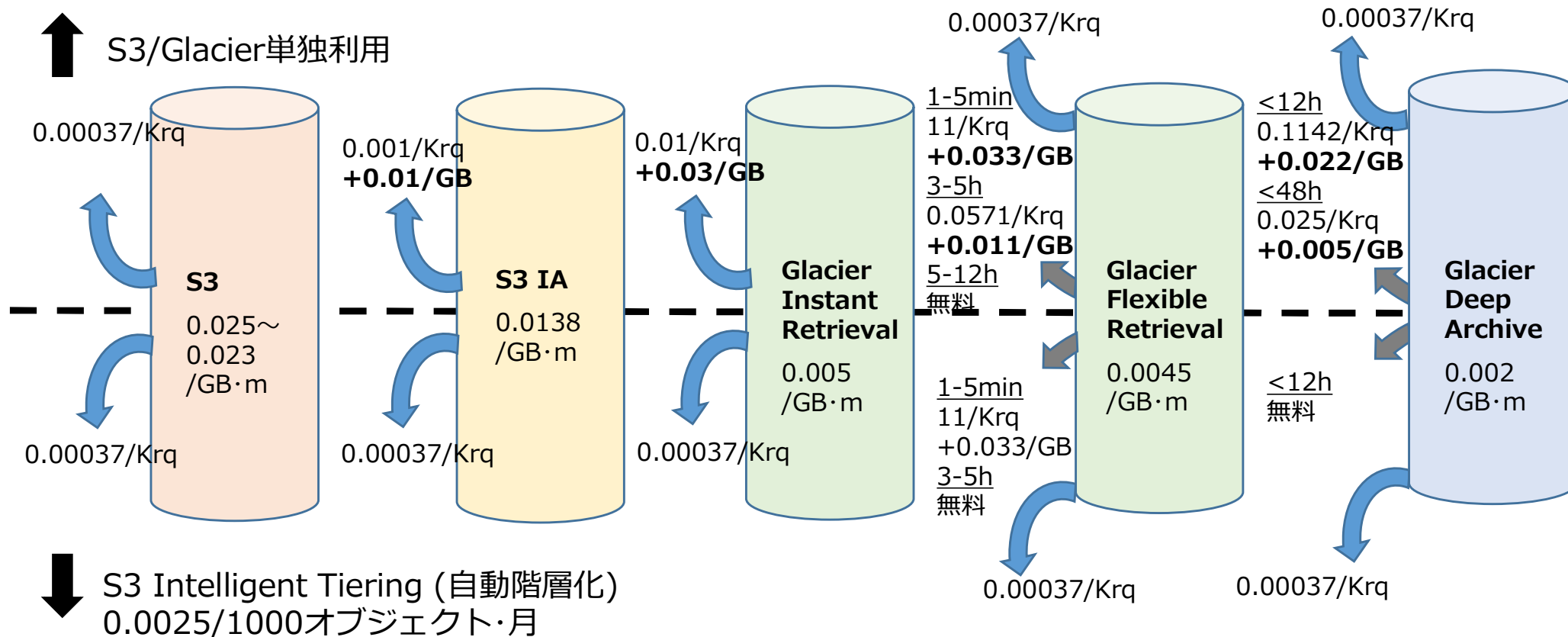


単位: USD/(GiB*月) [日本国内あるいは東京リージョンの価格]

ケーススタディ：AWS

- 自分自身を含むすべてのクラウドのスーパーセット的な複雑な体系となっている。
 - 一般的なポリシーによる階層化(一定時間経過後に下位階層)に加えて、アクセスの有無による階層制御のサポートを開始した。

※2024年3月時点の値ですが、実際に使用される場合はAWS Webサイトでご確認ください。



数字の単位はUSD

Krq : 1000リクエストあたり

→ : 復元処理課金

GB・m : GB・1か月あたり

→ : 読出し課金

- Intelligent Tieringでは、アクセスあるいは復元を行うと、最上位のS3に自動的に戻る。

- データ転送料金
 - SINET接続 \$0.041/GB
 - インターネット接続 \$0.114~\$0.084/GB

オブジェクトストレージサービスの 性能と価格に関する実践的情報

実際の科学研究データによる実証実験

- 大量の研究データの長期保管にコールドストレージサービスが適用できないか
 - TCO低減、ストレージシステム運用管理の負担軽減の期待
 - 実際に使ってみた先例が少ない
 - 性能面、操作性・運用性面、費用面で、現実にどこまで使えるか、どう使えばよいかは未知数

- 実証実験の目的
研究データをコールドストレージに保管するかどうかの判断、クラウドを含めたデータ保管のストレージアーキテクチャ設計の一助となる実際的な情報の取得

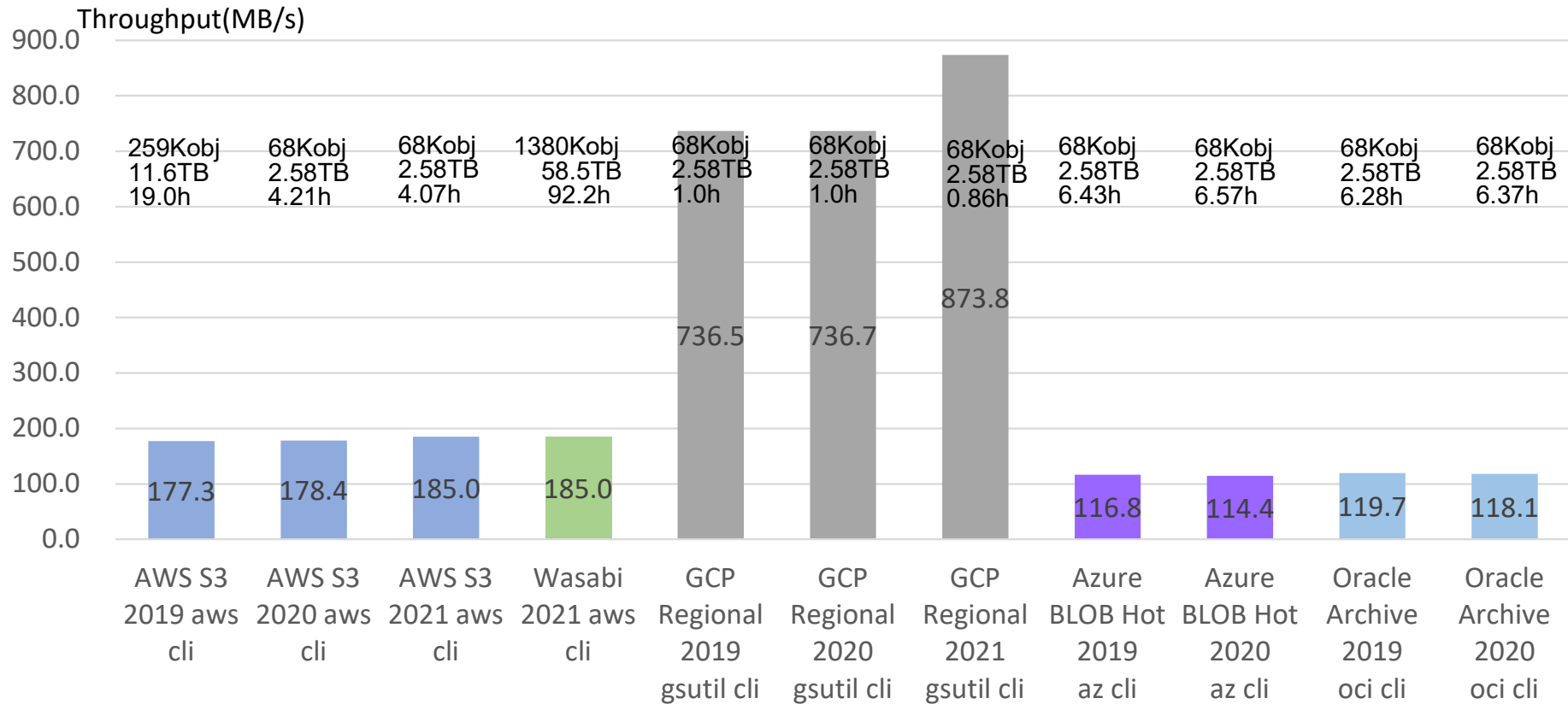
- 複数の商用パブリッククラウドのコールドストレージサービスについて、
 - 基礎的なベンチマークテスト
 - 実際の研究データの格納と研究アプリケーションによるアクセスの試行
 - 高エネルギー物理学分野
 - 天文学分野

オブジェクトストレージアップロード性能実測(1)

- 天文学データ（電波望遠鏡観測データ [TiBオーダ]）に関して、インターネット経由のアップロードのスループットを継続して測定してきた結果を紹介
 - 以下の性能はすべて国内（東京）リージョンで測定
- アップロードはユースケースとしては重要
 - ダウンロードは料金がかかる → できるだけ抑制するのが重要
 - アプリケーションの作業用ストレージはファイルインタフェースが今だに主流 → オブジェクトストレージ直は使いにくい

オブジェクトストレージアップロード性能実測(2)

プロバイダ提供CLIによる天文学データアップロードのスループット(2019-2021)



■ 2018年ごろから性能はほぼ変化なし (それ以前は性能向上があった)

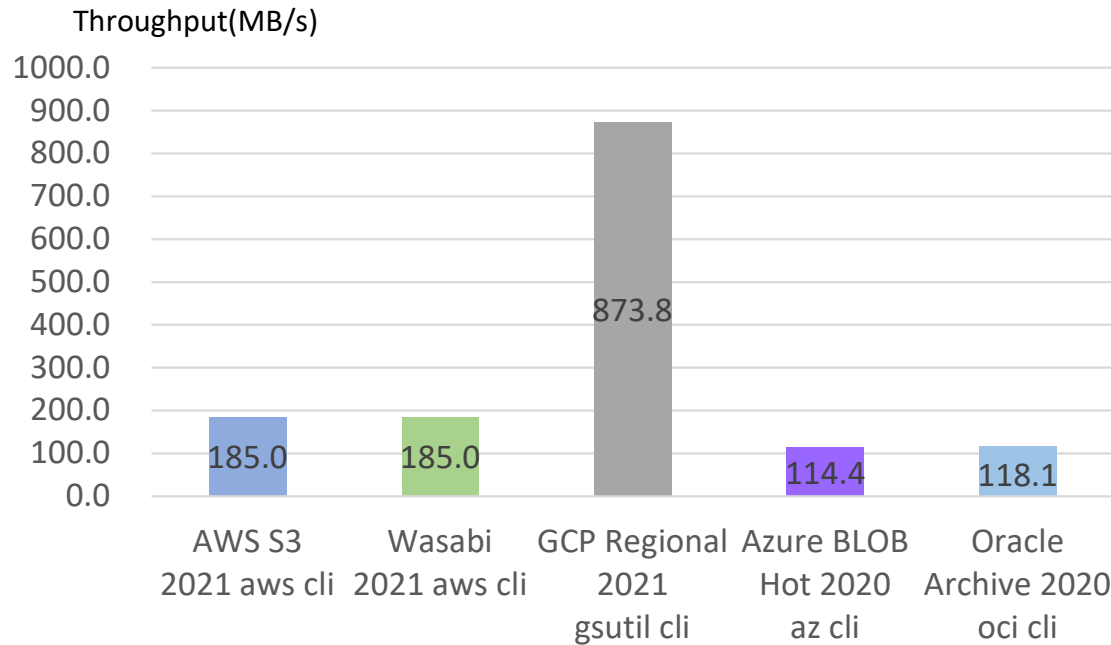


■ 基盤のアーキテクチャ/実装は、この時期にいったん完成

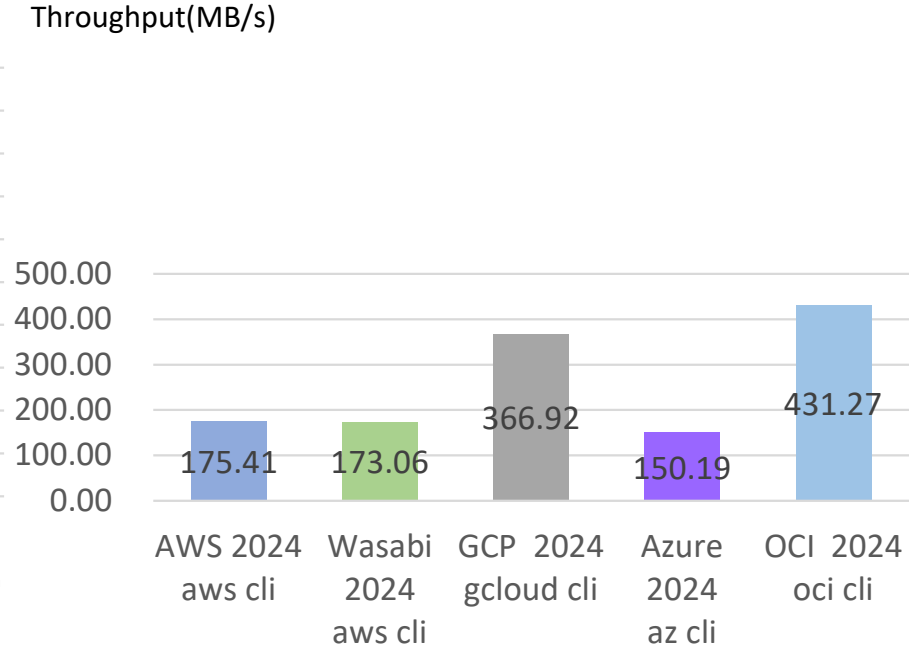
■ あとは、利用度向上に対してスケールし性能を維持してきたと思われる

オブジェクトストレージアップロード性能実測(3)

プロバイダ提供CLIによる天文学データアップロードのスループット(2020ないし2021)



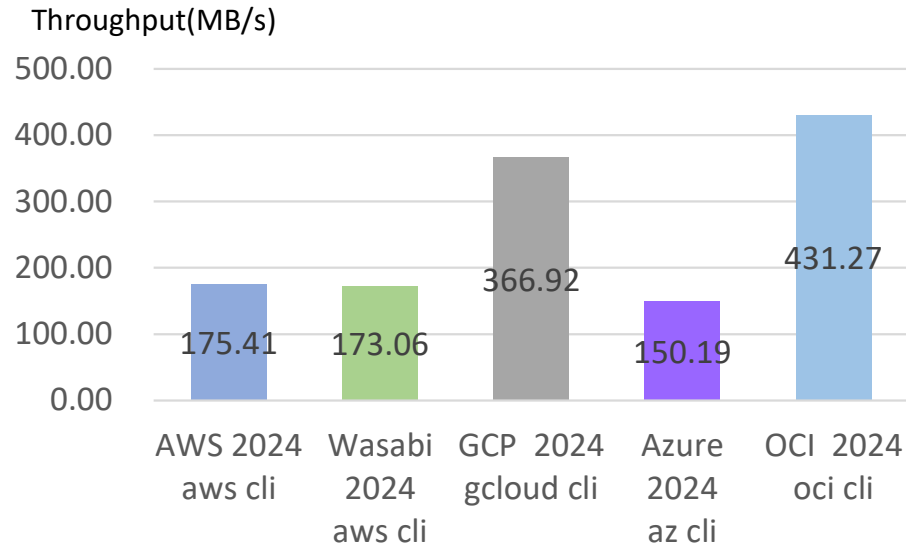
プロバイダ提供CLIによる天文学データアップロードのスループット(2024)



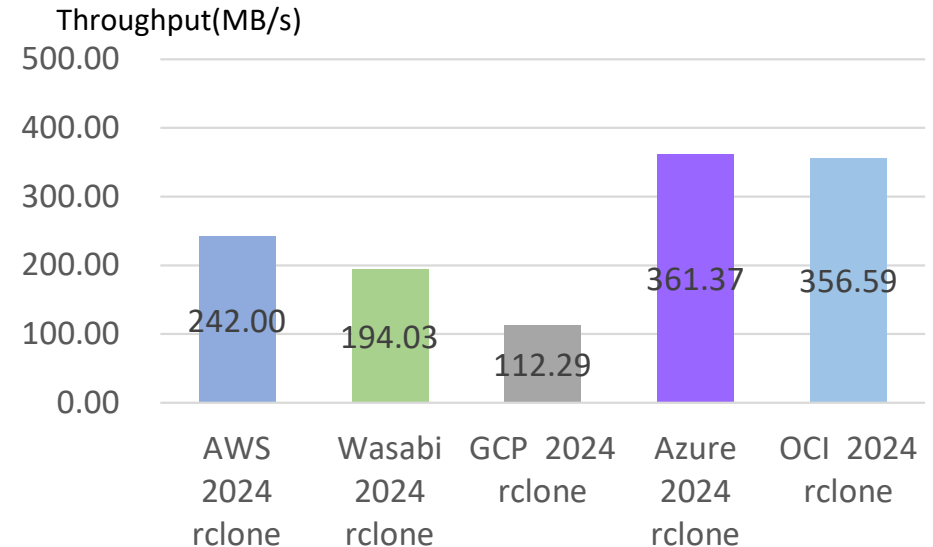
- 全般に性能は向上傾向
- 以前の測定に対して、プロバイダ提供CLIが新しくなっており、処理方式（特に複数オブジェクトの並列アップロード）が変更されている可能性が大きい
 - GCPの例. gsutil → gcloud
後者の「並列複合アップロード」は前者と異なる方式
 - gsutilはクライアント側のネットワーク帯域を圧迫する傾向があった

オブジェクトストレージアップロード性能実測(4)

プロバイダ提供CLIによる天文学データ
アップロードのスループット(2024)

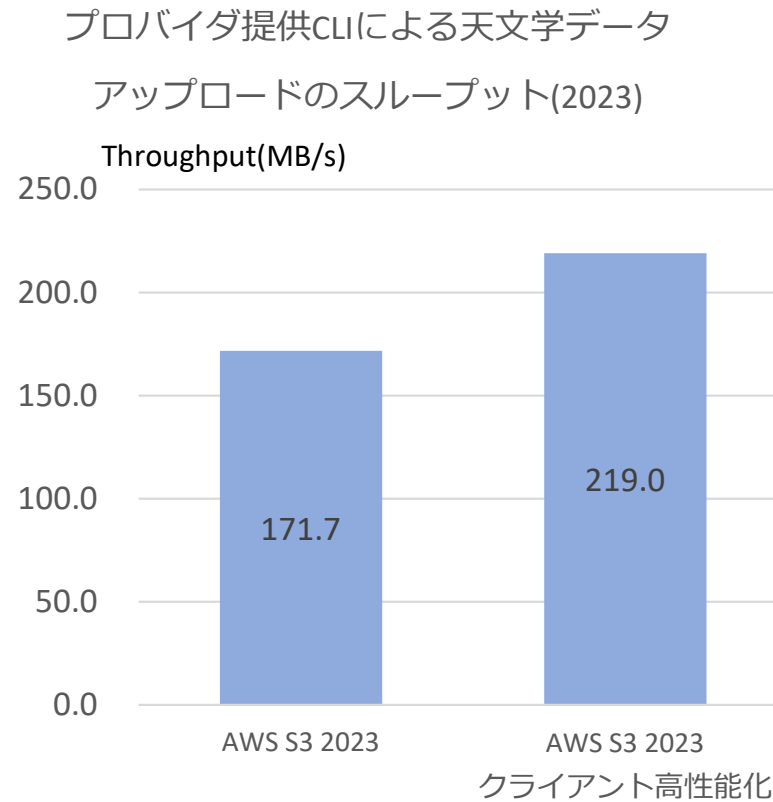


汎用ツールrcloneによる天文学データアップ
ロードのスループット(2024)



- プロバイダ提供CLIの処理方式の差による影響をなくすために、汎用ツールrcloneを使用してアップロード <https://rclone.org/>
- デフォルトの並列度(4)がプロバイダ提供CLI(10~20)より低いためか全般的にはスループットは低下傾向だが、そうでない場合もある
→ 多様な要因が複合していると思われる

オブジェクトストレージアップロード性能実測(5)



■ クライアント側の性能を上げるとアップロード性能が向上する場合もある。

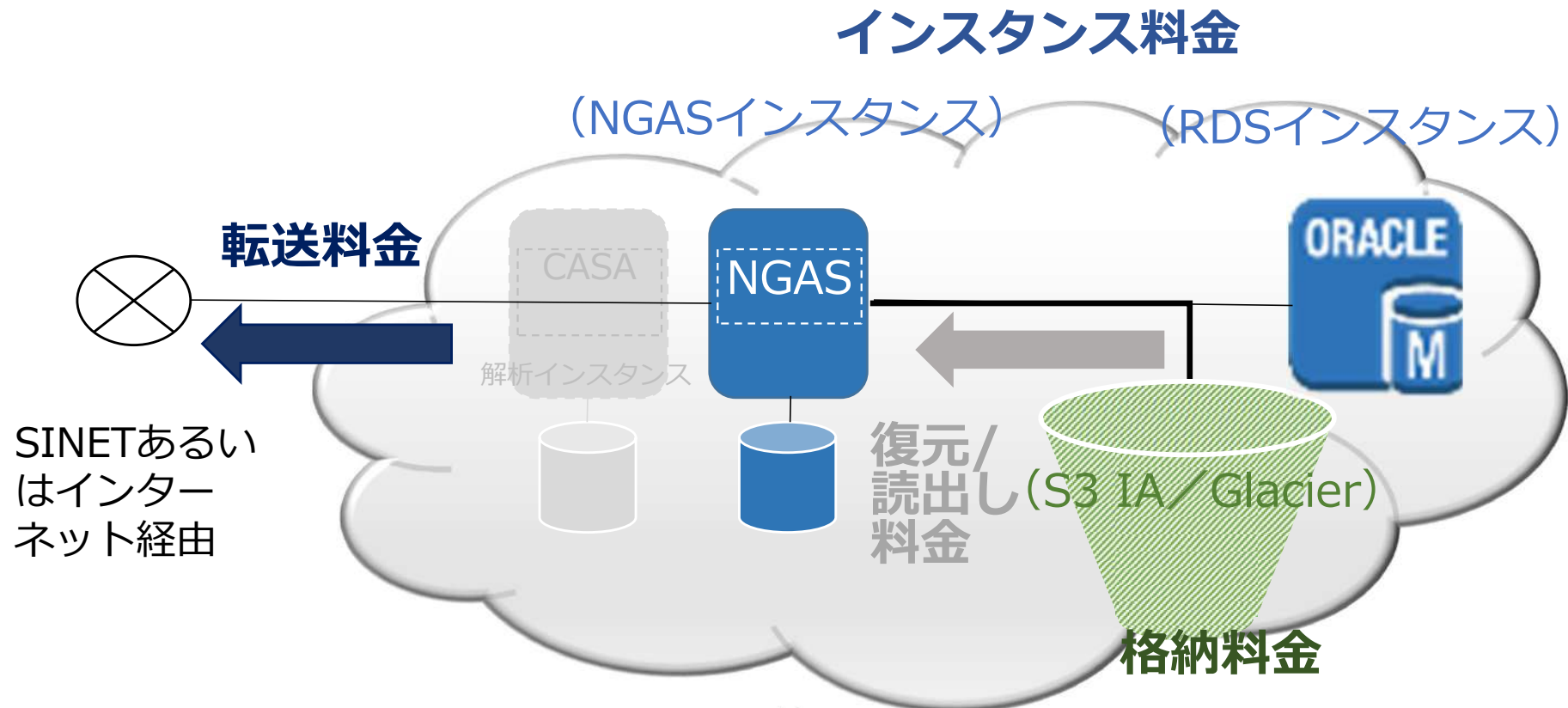
■ AWS S3に対する上記例では

NIC:	10G→25G
LAN :	40G→100G
ローカルストレージ	HDD array→AFA

クラウド上のアーカイブシステムコスト試算例(1)

■ ALMA望遠鏡データアーカイブの場合

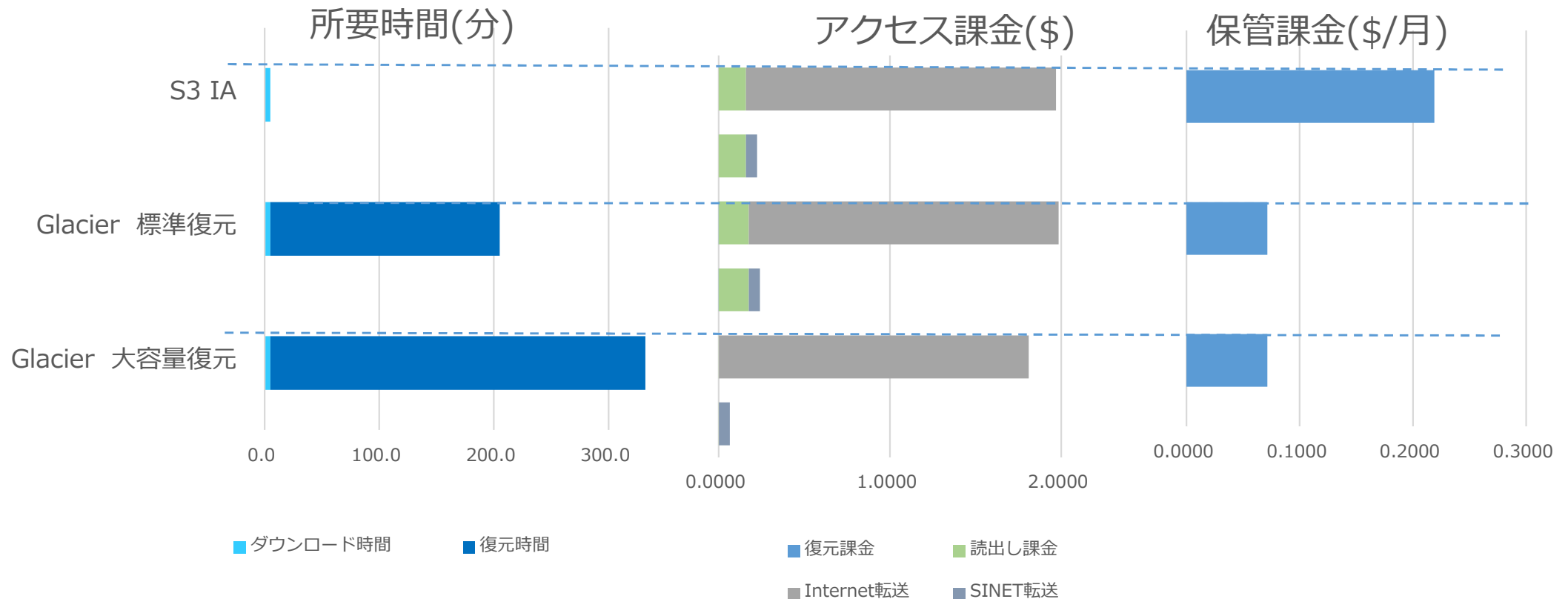
- インスタンス料金 (NGASインスタンス+RDSインスタンス)
 - インスタンスタイプとブロックストレージ容量に依存
- 格納料金 (アーカイブデータ)
- 復元/取出し料金
 - 実測値から見積り (取出し容量にほぼ比例すると見てよい)
- 転送料金



クラウド上のアーカイブシステムコスト試算例(2)

ダウンロード性能とコストの測定・試算

(ダウンロード量=16,253MiBの例)



■ ALMA電波望遠鏡データのアーカイブシステムをAWS上に移植

■ S3 IAは実測値、Glacierの性能は手操作に基づく推定値

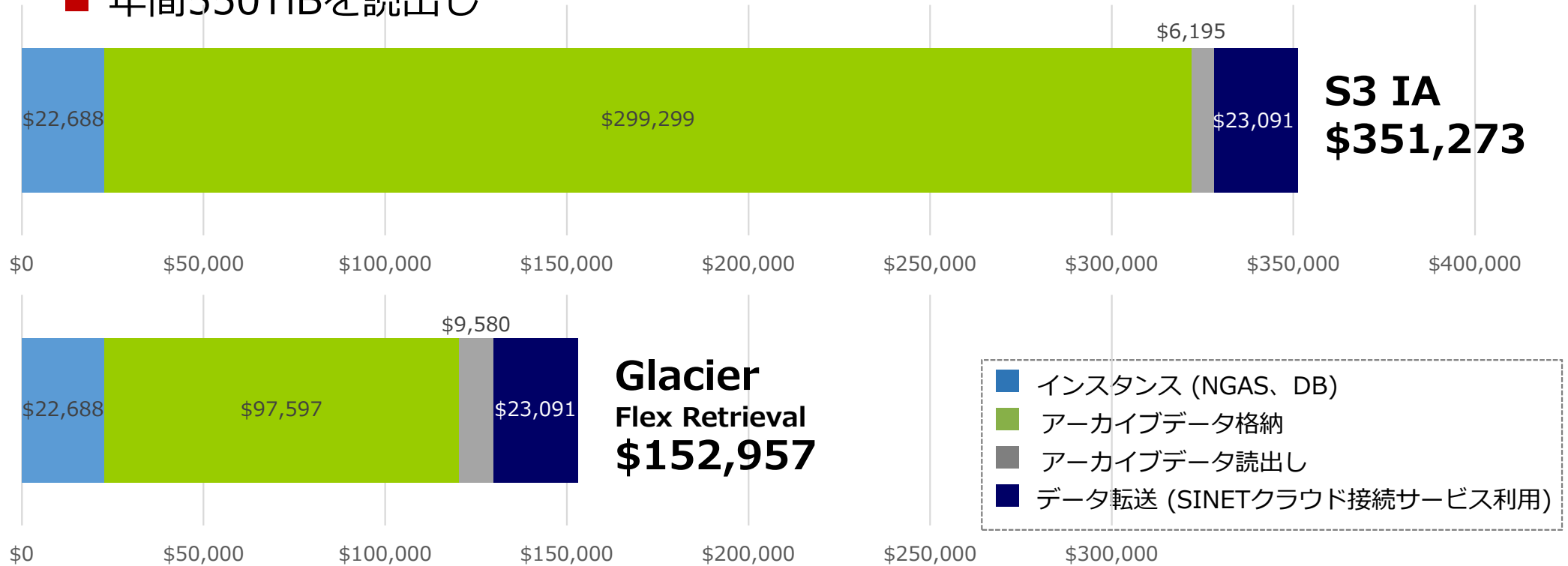
■ コールドストレージの読出しでは、読出しコストと復元コストが必要

■ Glacier Flexible Retrieval : 保管コストは低い、復元コストと時間が必要

■ クラウド外にデータを読み出す場合の転送コストも意外と大きい

クラウド上のアーカイブシステムコスト試算例(3)

- 1,765TiBのアーカイブデータをAWSのクラウドストレージに格納
- 年間550TiBを讀出し



■ Glacier Flexible Retrievalによる保管コストは、S3 IAの1/2以下

■ ただし、データ讀出しまでに約200分のリストア時間が必要

→ ストレージ階層管理やオンプレミスのアーカイブとのハイブリッド構成を検討することが有効

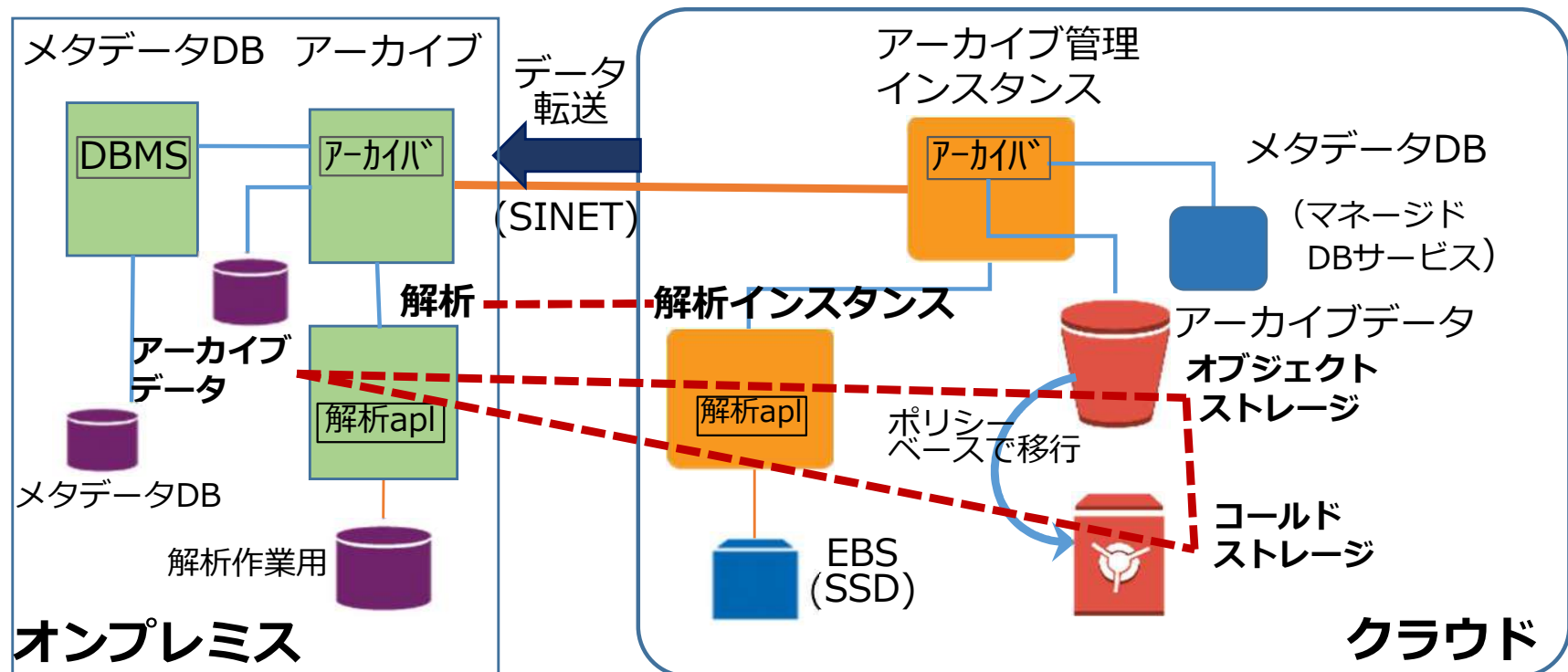
クラウド上のアーカイブシステムコスト試算例(4)

■ ハイブリッドクラウド構成の検討

- 既存のオンプレミス環境からのシームレスな拡張として、SINET接続のパブリッククラウドを併用したハイブリッドクラウド構成を想定

■ 検討の視点

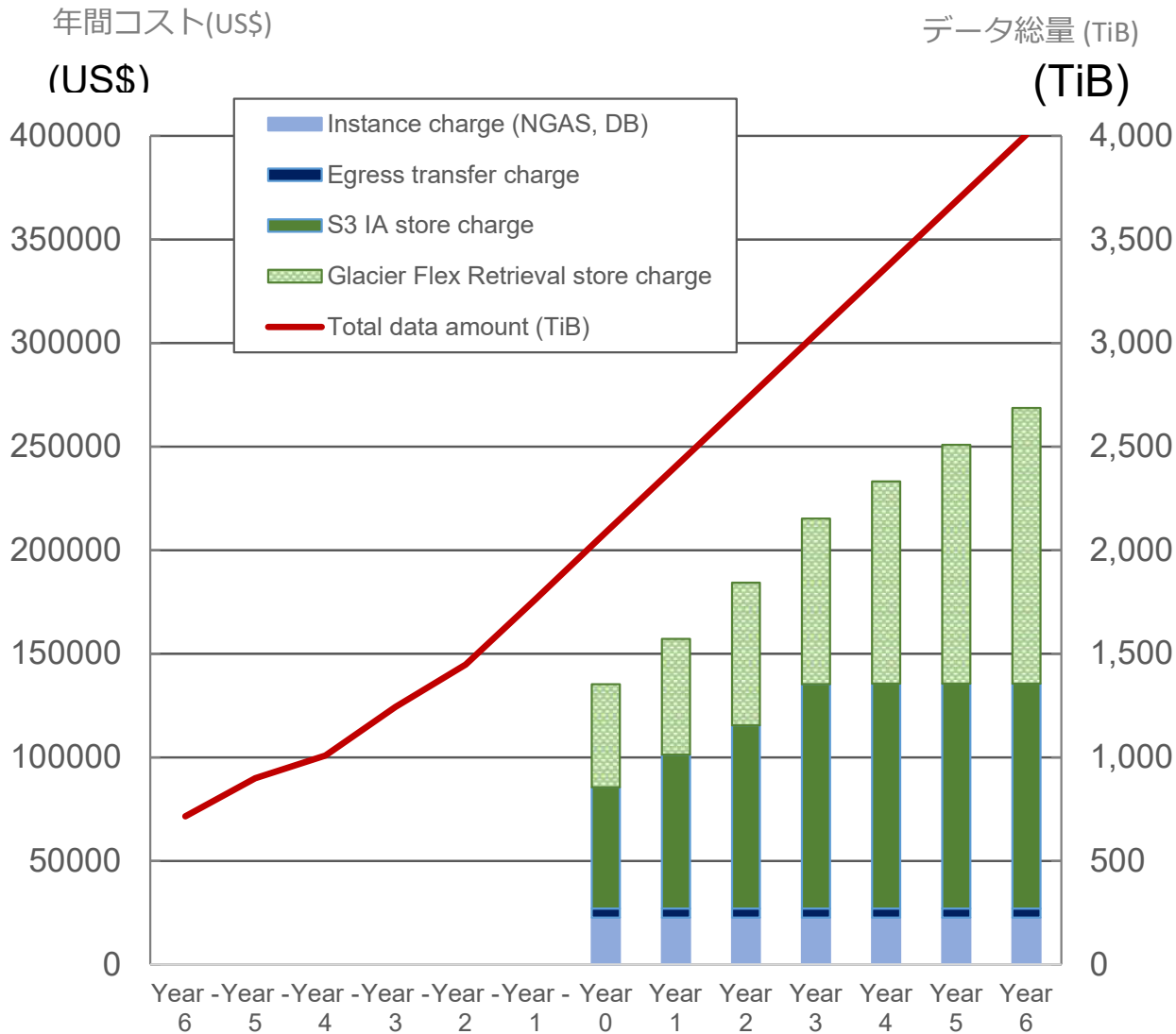
- データの長期保管 → ストレージの使い分けと、コスト適正化
- 計算資源の活用 → 最適な資源の使い分け・選択による性能とコストの両立



クラウド上のアーカイブシステムコスト試算例(5)

■ ハイブリッド構成のコスト試算

- クラウド課金（格納、データ転送）を低減可能
- クラウドストレージ自体も階層化 → 格納課金の極度の上昇を回避可能
 - AWSにおいては S3-IAとGlacier (Flexible Retrieval)で階層化
 - ダウンロード操作に対する性能面の影響（リストア時間）も軽減可能



【見積りの前提】

- Year 0を2024年と想定
- オンプレミスストレージ容量: 960TiB
- 初年度アーカイブデータ総量: 2,085TiB
年間増加量: 320TiB
- データセット保管期間
 - オンプレミスストレージ 3年
 - S3 IA 2年
 - その後Glacier Flexible Retrievalに移行
- 年間ダウンロード量: 550TiB
- うち13%はS3 IAから、6%はGlacierから

→ **200分のリストア時間は、
全ダウンロードの6%**

実証実験に関する発表資料

■ 以下をご参照ください。

- 「パブリッククラウドを活用したALMA 望遠鏡観測・解析データの蓄積と解析に関する実証実験」, 吉田浩, 合田憲人, 小杉城治, 中里剛, 森田英輔, 林洋平, ミエル・ルノー, 情報処理学会研究報告 2022-OS-155(6)
- 「クラウドコールドストレージに対する大規模実験データ格納のケーススタディ」, 吉田浩, 合田憲人, 上田郁夫, 原隆宣, 小杉城治, 森田英輔, 中村光志, 情報処理学会研究報告 2018-HPC-165(8)
- “Experiments in Storing Scientific Research Data in Cloud Cold Storage Services”, Hiroshi Yoshida, SNIA Storage Developers Conference 2018, https://www.snia.org/sites/default/files/SDC/2018/presentations/Cloud_Storage/Yoshida_Hiroshi_Experiments_in_Storing_Scientific_Research_Data_in_Cloud_Cold_Storage_Services.pdf
- 「クラウドコールドストレージに対する大量データ格納の試行と評価」, 吉田浩, 合田憲人, 上田郁夫, 原隆宣, 小杉城治, 森田英輔, 中村光志, 情報処理学会研究報告 2017-HPC-160(25)