

さくらインターネット研究所 研究開発Gr.

研究開発の最新動向

2024年4月版

まとめ：さくらインターネット研究所 研究開発グループリーダー 菊地 俊介



本資料について

さくらインターネット研究所 研究開発グループの

- 研究方針
- ミッション・ビジョン・バリュー
- 研究フォーカス領域
- 各研究員の取り組みテーマ内容

について紹介します

研究所の方針

さくらインターネット研究所とは

- インターネット技術に関係する研究を行う
- 成果の発信と利用を通じて社会と会社に寄与する

中・長期のビジョンにたち、3～5年後に役立ちそうなことを考える

モットー

- 面白いと思うテーマにどしどし取り組んでいく

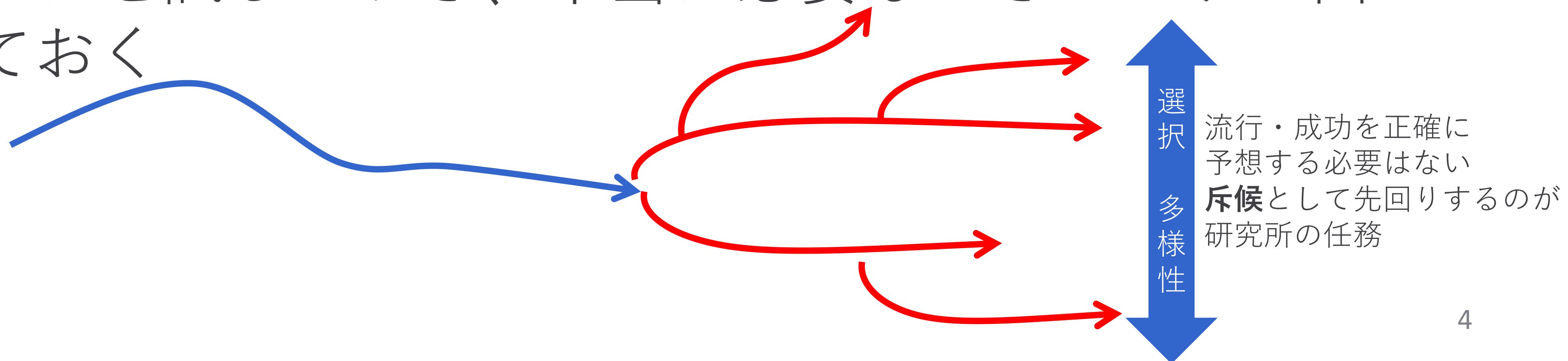
研究所の役割

未来を正確に予測することは困難

- 特にインターネット分野では！



色々なアイデアを試しておき、本当に必要なときにパッと出せるようにしておく



ミッション・ビジョン・バリュー(MVV)とは

ミッション(Mission)

- 社会にどのような価値を体現するのかなど、**その企業・組織が目指す社会**について明文化する。

ビジョン(Vision)

- 企業・組織の理想像、中長期的な目標を表す言葉。ミッションを実現するために、**企業・組織はどのような状況になるべきか**、どのような志であるべきかを明文化する。

バリュー(Value)

- ミッションやビジョンを達成するための**具体的な行動指針、行動基準を表す**。行動や判断の基準となる価値観を明文化する。

研究開発グループ MVV

ミッション(Mission) – めざすべきもの

ネットワークと計算能力による、人類の知識・知恵・文化のさらなる探求・進歩

コンピュータネットワークのみならず、生態系、道路網、また人や組織間の関係など、世の中のあらゆるものは**ネットワークによって相互作用などの関係性や構造を表す**ことができます。ネットワークによって**個々を結ぶ**ことで、それらが持つ**知識は共有**され、それは**群の知恵**となり、いずれ**文化として定着**していきます。

そして、あらゆる**ネットワークは**、人間の脳情報処理や計算機など、多様な**計算能力を持ったノードやその活用による集団的知性**によって**進化的変質**を続け、自然環境や社会環境に合わせて変化していきます。

我々は、計算能力の活用と、それによるネットワークの進化的形成によって、人類の知識・知恵・文化のさらなる探求と、進歩し続ける世界の実現を目指しています。

研究開発グループ MVV

ビジョン(Vision) – あるべき姿

インターネットと計算機によるデジタル社会の可能性を追求し続ける
パイオニア

インターネット・計算機技術とその応用に関する研究は秒進分歩で進んでおり、未来を正確に見通すことができません。我々は、**流行や成功に囚われずに多様性のある研究開発を行う**ことで、デジタル社会のあらゆる**可能性と選択肢を探求する**パイオニアであり続けます。

研究開発グループ MVV

バリュー(Value) – 行動指針

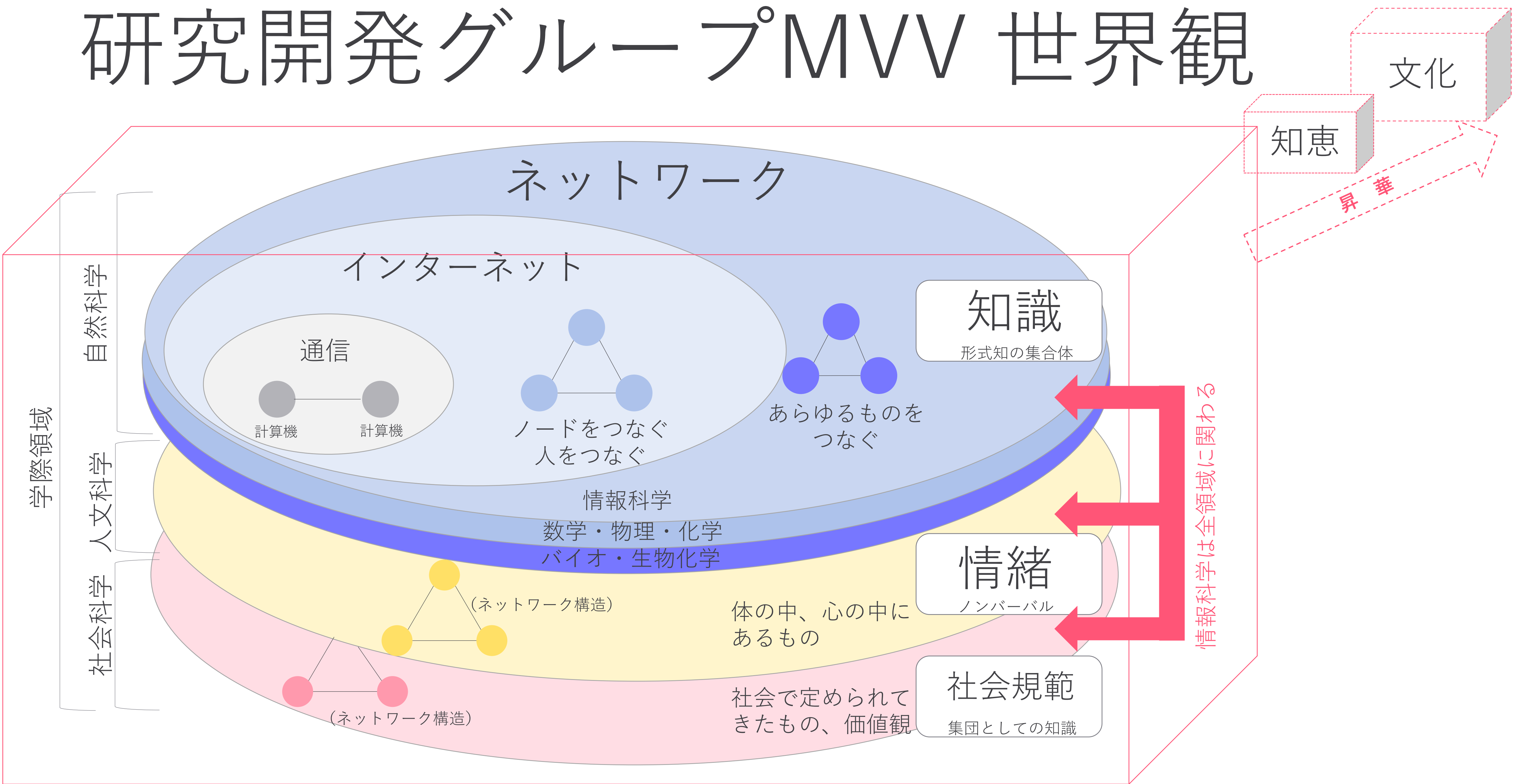
3つの視点から、社会にとって有意義で創造的な成果を追い求めます

【Communication】 人と人、情報と情報の**つながりによる多様な視点**によって**分野横断**を可能にする**知力**

【Curiosity】 **遊びと好奇心、熱中**から生まれる**発見力**

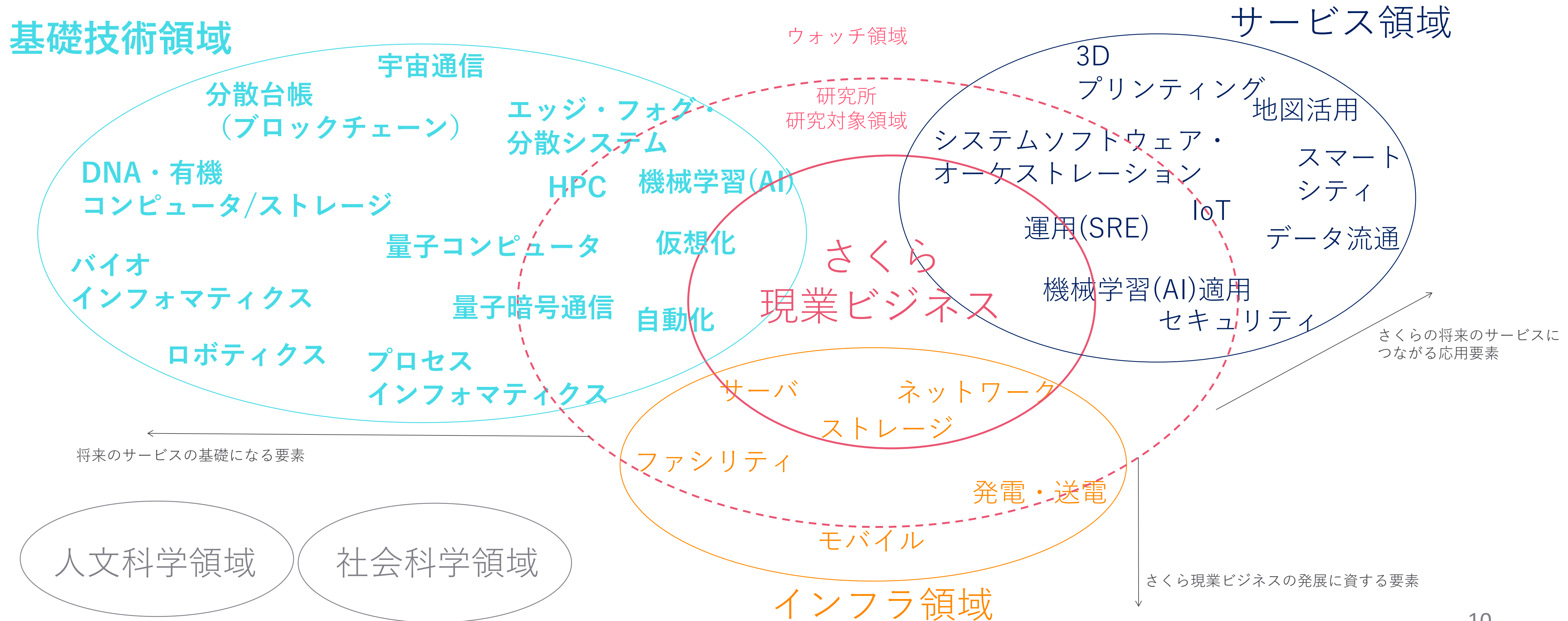
【Team】 **仲間への信頼と貢献**への意欲から生まれる**協働力**と**主導力**

研究開発グループMVV 世界観



研究フォーカス (2024) (領域図)

さくらの現業ビジネスの先の領域を見ていく



研究フォーカス (2024)

インフラ領域：

- ・サーバ、ネットワーク、ストレージ、モバイル、ファシリティ、**発電・送電**

サービス領域：サービスに繋がる技術

- ・システムソフトウェアとオーケストレーション、運用管理(SRE)、セキュリティ、IoT、スマートシティ、データ流通、**機械学習(AI)適用**、3Dプリンティング、地図活用

基礎技術領域：将来のサービス形成につながる基礎的要素

- ・仮想化、自動化、**機械学習(AI)**、エッジ・フォグ・分散システム、分散台帳、ハイパフォーマンス・コンピューティング (HPC)、**量子コンピューティング**、ロボティクス、**プロセスインフォマティクス**、**バイオインフォマティクス**、DNA・有機コンピューティング/ストレージ、宇宙通信

研究開発最新動向（各研究員の取り組みテーマ紹介）

- 超個体型データセンターの実現に関する研究：自律的に分散と集中のハイブリッド構造を取れるデータセンターシステムの実現
- ソフトウェアの動的適応性を実現する超個体型分散コンピューティング実行基盤
- 異種OS機能連携によるセキュアコンテナの実現
- エッジ・Fogコンピューティングに関する研究
- 量子暗号通信のクラウド・DCへの導入に関する検討
- AI for SRE(Site Reliability Engineering)：クラウドアプリケーションの障害管理のためのAI活用
- HPC環境の整備と国内外の有益データに対するライフサイクルオーケストレーションに関する研究
- 高速GPUを活用したゲノム解析ソフトウェアの性能評価
- 大規模言語モデルを用いた材料データベースの構築
- AI創薬の実現に向けた大規模言語モデルに関する研究
- 「社会に開かれた教育課程」の実現に向けた研究

超個体型データセンターの実現に関する研究

(自律的に分散と集中のハイブリッド構造を取れるデータセンターシステムの実現)

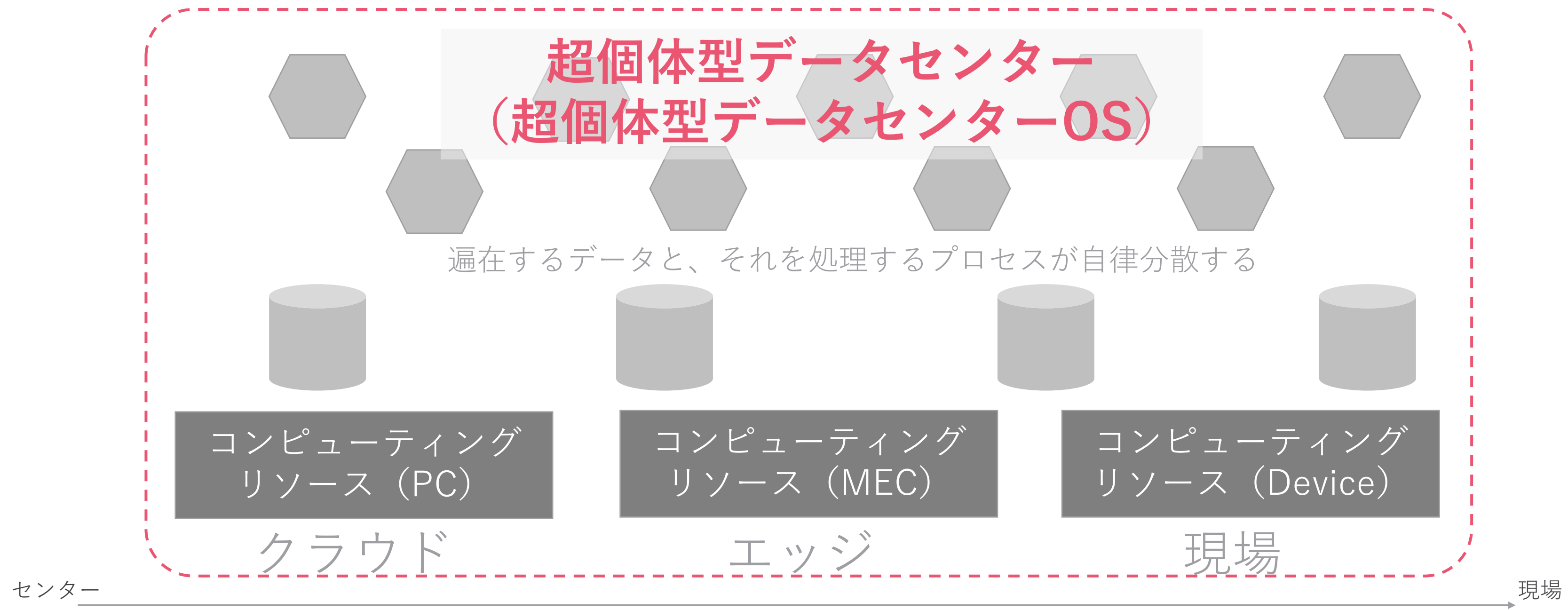
研究の目的

- 自律的に分散と集中のハイブリッド構造を取れるデータセンターシステムの実現

研究のうれしさ

- クラウドによる無制限のバックエンド処理を可能にしつつ、必要・状況に応じてコンピューティングリソースの局所利用も自動実現する最適配備システムを実現

概略



ソフトウェアの動的適応性を実現する 超個体型分散コンピューティング実行基盤

研究の目的

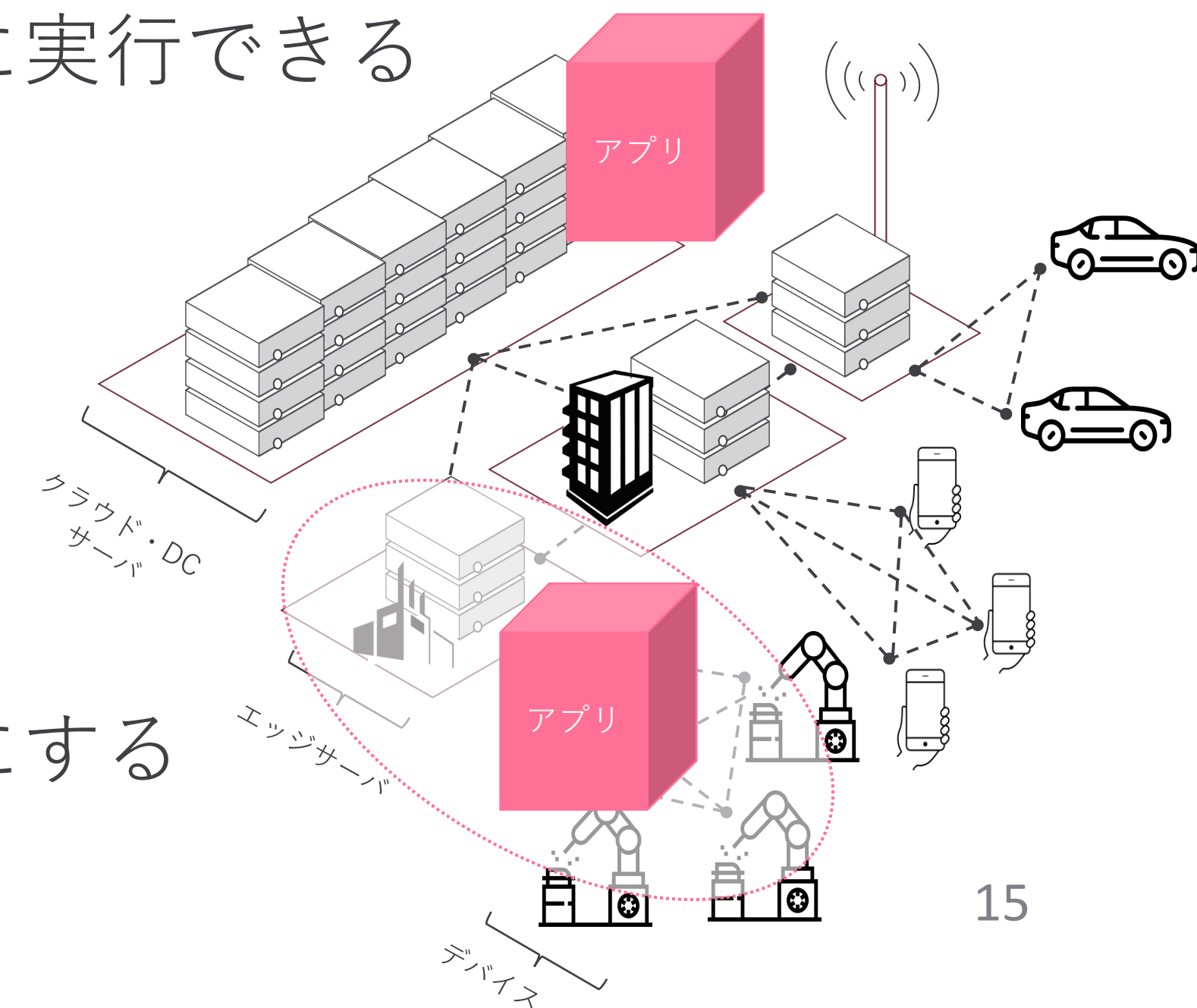
- デバイスやエッジ、クラウド環境に存在するコンピューティングリソースが有機的に連携するコンピューティング基盤の実現

研究のうれしさ

- アプリケーションは、どこで実行されているかを意識せずレイテンシや処理性能などの要件を満たす環境で継続的に実行できる

概略

- 様々なアーキテクチャで実行可能な言語仮想マシンであるWebAssembly(wasm)を活用
- 異種アーキテクチャなデバイス・エッジ・クラウド間でWasmのライブマイグレーション（実行状態を維持しつつ別マシンで処理を再開）を可能にする



ソフトウェアの動的適応性を実現する 超個体型分散コンピューティング実行基盤 詳細

(実行時性能と両立するWebAssemblyライブマイグレーション)

研究の背景

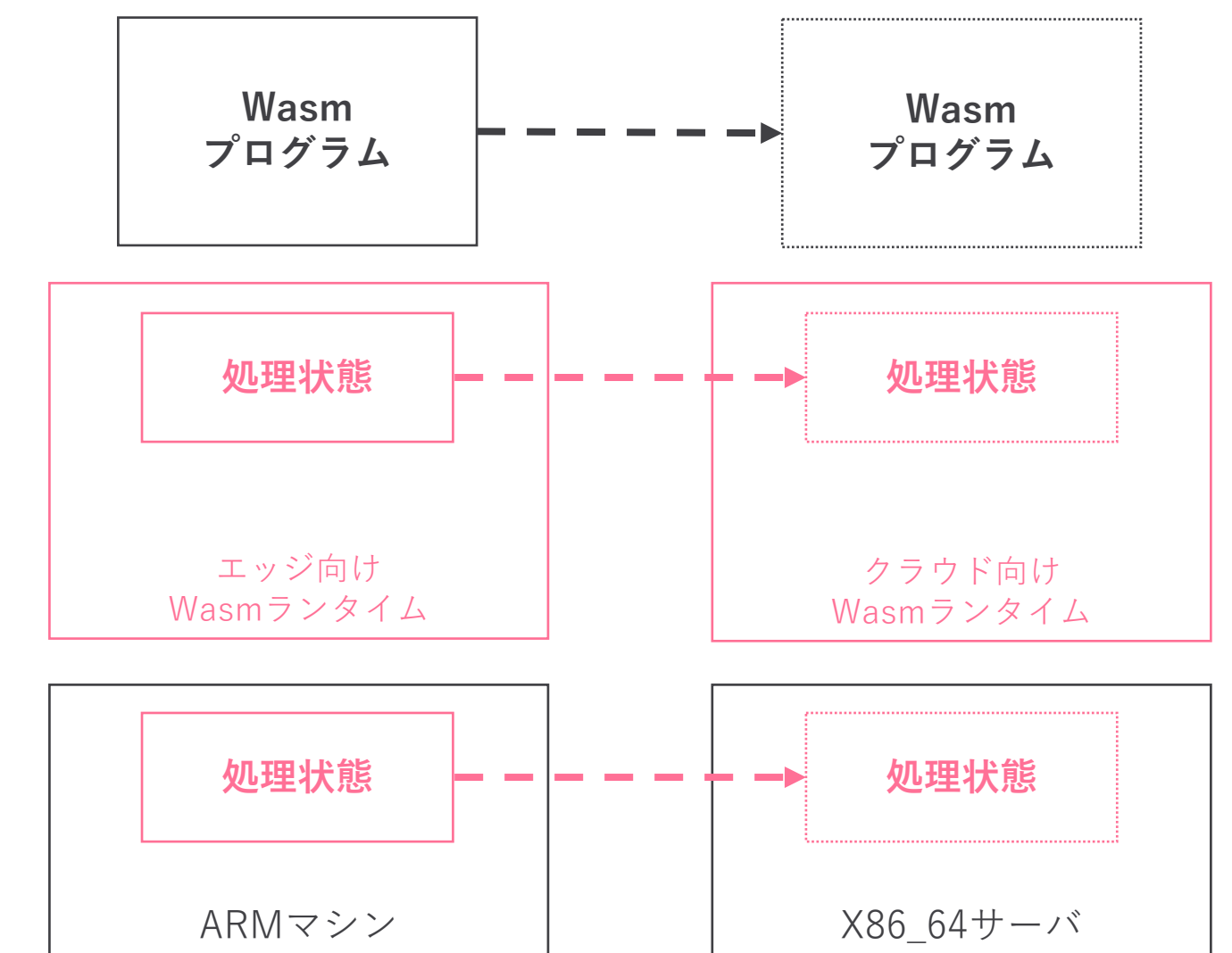
- Wasmにおける高性能な実行方式
 - Just-In-Time(JIT)：関数の初回呼び出し時にコンパイル
 - Ahead-Of-Time(AOT)：事前にコンパイル

研究の難しさ

- JITやAOTは、アーキテクチャ依存・ネイティブレジスタなどを使用
- 仮想マシン状態とネイティブ状態の組み合わせが必要

研究の手法など

- ネイティブ・Wasm仮想マシン表現形式間の変換機構
- JIT・AOTコンパイル時にマイグレーションを容易にするマーカを挿入



異種OS機能連携によるセキュアコンテナの実現

研究の目的

- 軽量かつカーネル脆弱性を回避できるセキュアコンテナの実現

研究のうれしさ

- 軽量かつ既知、未知の脆弱性に対処できるコンテナ実行環境の提供が可能になる

概略

- 異種OS上でLinuxコンテナを互換実行
- Linuxカーネル脆弱性の無効化
- 異種OS独自のセキュリティ機構適用

異種OS機能連携によるセキュアコンテナの実現 詳細

(FreeBSDを用いたプロトタイプの実装)

研究の背景

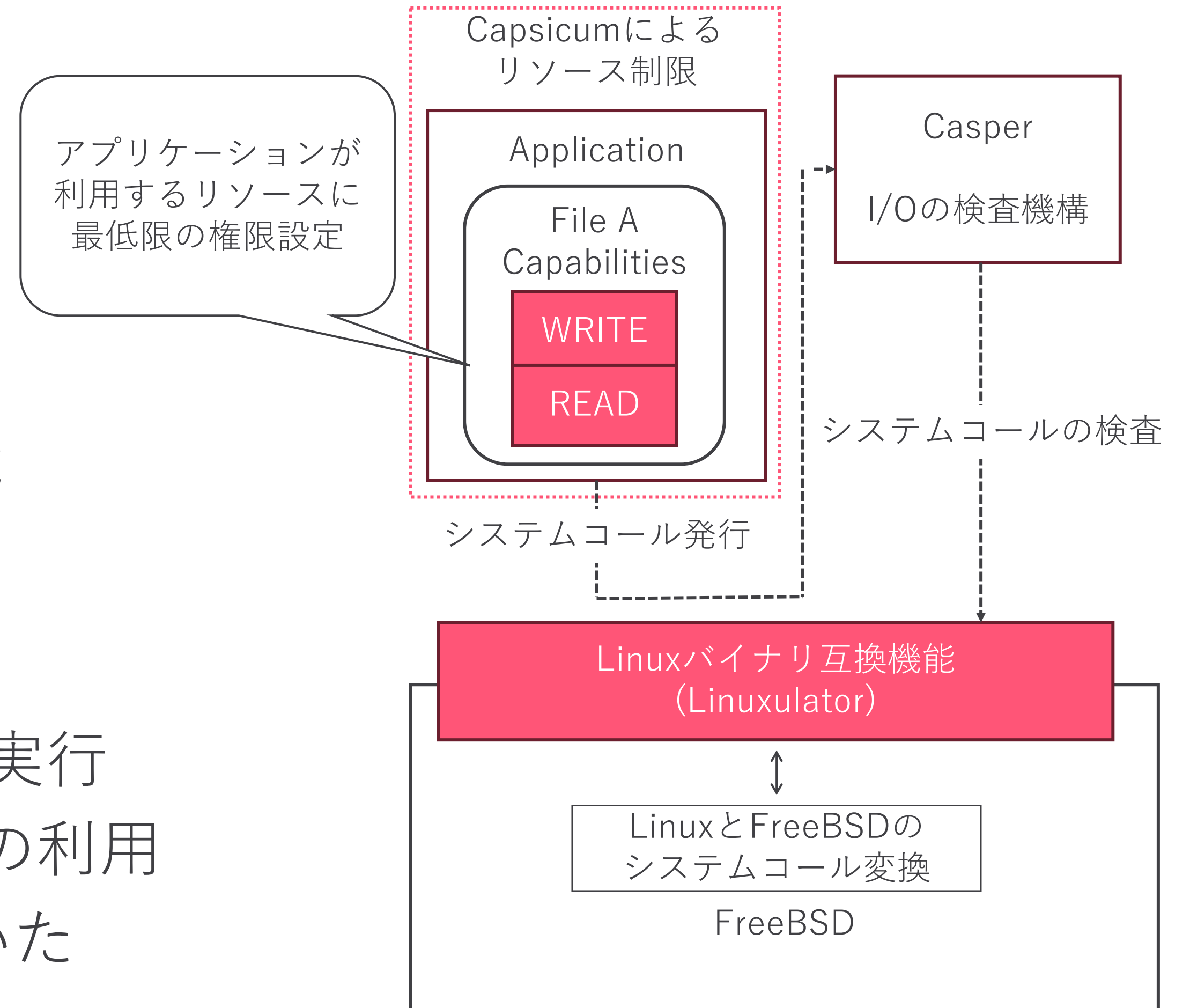
- OSカーネルを共有するコンテナはカーネル脆弱性の影響を受ける

研究の難しさ

- 堅牢さとアプリケーション実行性能のバランス

研究の手法など

- FreeBSD上でLinuxコンテナを互換実行
- 軽量のLinuxバイナリ互換実行機構の利用
- FreeBSDのセキュリティ機構を用いたグローバルリソースアクセス制限と、アプリケーションI/Oの検査機構実現



エッジ・Fogコンピューティングに関する研究

研究の目的

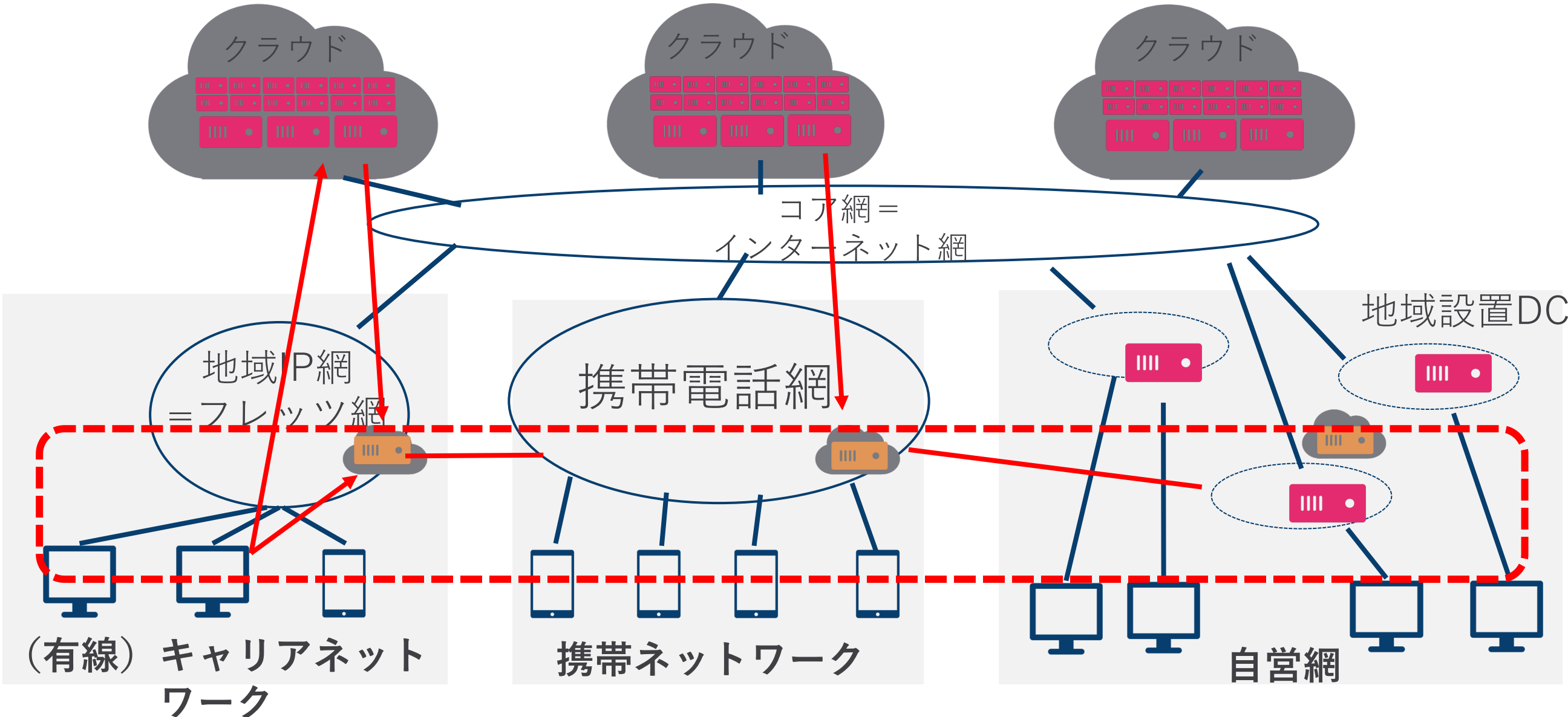
- エッジ（地域DC）・クラウドをシームレスに利用できるコンピューティング環境の実現

研究のうれしさ

- どんな場所でもコンピューティングの恩恵を受けられる世界の実現
- コンピューティングおよびネットワーク利用の最適化（地産地消化）
 - 災害時などネットワーク的に縮退した環境でも、稼働・利用を継続できる環境の実現

概略

- 地域網や携帯網から利用可能な地域DCへのネットワーク接続を実現する



量子暗号通信のクラウド・DCへの導入に関する検討

研究の目的

- 量子暗号通信に対応した、高セキュアクラウド、またサービスプラットフォームの実現

研究のうれしさ

- 医療・ゲノム、ヘルスケア、政府、防衛など、高セキュリティが求められる顧客向けに、クラウドサービスを提供可能にする

概略

- 「量子クラウド」構想の一翼を担う形で、データセンター間の量子暗号通信方式、データセンター間横断の秘密分散ストレージ、それ等を組み込んだサービスプラットフォームの試作検討を実施する
- 量子暗号通信方式については、複数方式（OTP方式、QKD方式）をデータセンター間通信に適用するトライアルを実施する

AI for SRE (Site Reliability Engineering)

クラウドアプリケーションの障害管理のためのAI活用

研究の目的

- 機械学習を用いてクラウドアプリケーションの障害管理を自動化する

研究のうれしさ

- エンジニアが長年の知識や経験がなくとも障害に高速に対応できる

概略

- テレメトリデータが過剰 → 「計測・保存・解析」の各段階で自動AIフィルタ
- 障害時の学習用テレメトリが不足 → Chaos Engineeringでデータの水増し
- 大規模言語モデルによる障害診断の自動化（調査段階）

AI for SRE (Site Reliability Engineering) 詳細

(テレメトリデータをふるいにかける)

研究の背景

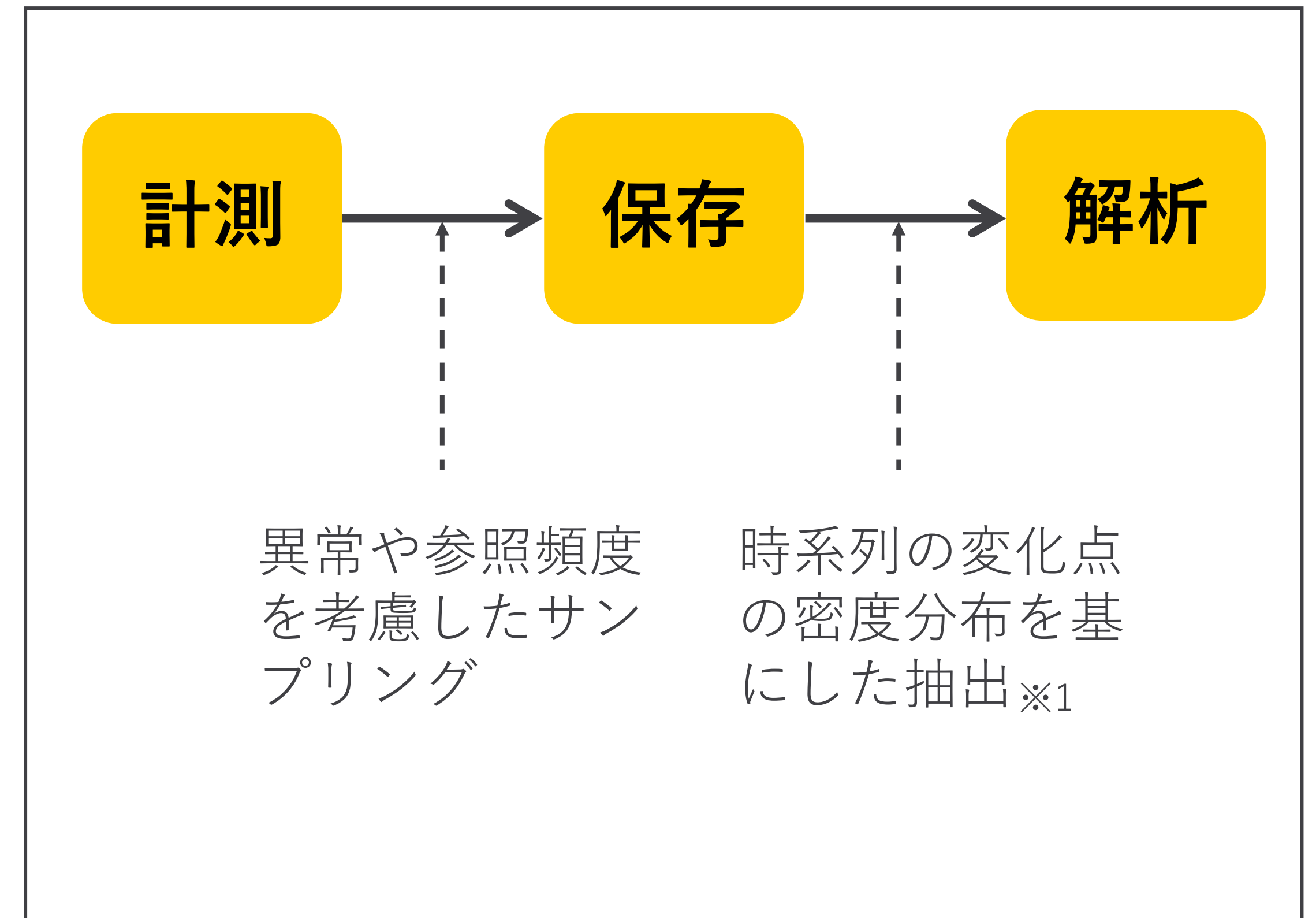
- テレメトリデータ量が過剰で「計測・保存・解析」の負荷が高い

研究の難しさ

- 必要なデータがどれかは事前にはわからない

研究の手法など

- 保存負荷 → 異常や参照頻度を考慮した自動サンプリング
- 解析負荷 → 障害に関連するメトリクスのみを機械学習により自動抽出※1



※1 Yuuki Tsubouchi, Hirofumi Tsuruta, [MetricSifter: Feature Reduction of Multivariate Time Series Data for Efficient Fault Localization in Cloud Applications](#), [IEEE Access](#) (ACCESS), 2024.

HPC環境の整備と国内外の有益データに対するライフサイクルオーケストレーションに関する研究

研究の目的

- HPC環境を活用し、国内外から収集される有益なデータのライフサイクルオーケストレーションを最適化することです。
- データのライフサイクルは、収集、処理（変換・解析等）、分析、共有、アーカイブ、削除といった一連の段階を含む総称として定義されます。
- この研究により、大量のデータを効率的に処理、分析する能力の向上と、新しい科学的発見やビジネス上の洞察を加速が期待されます。

研究のうれしさ

- データ駆動型の意思決定プロセスの支援により、新薬の開発や気候変動に関する研究など、多岐にわたる分野での進展が期待される。
- HPC環境の整備により、計算資源を最大限に活用することで、研究者や企業が大規模なデータセットに対する一つ先の洞察を得る。
- 国際的なデータ共有とコラボレーションが促進されることで、より革新的な解決策が生まれやすくなります。

研究所での関連活動

- 国立遺伝学研究所での共同研究（ゲノム解析処理のハイスループット化）



The illustration emphasizes the data lifecycle stages: collection, processing, analysis, sharing, archiving, and deletion, showing how various types of data, including genomic data, circulate through each stage within a High Performance Computing (HPC) environment.

高速GPUを活用したゲノム解析ソフトウェアの性能評価

Dorado ¹⁾ Oxford NanoporeのDNAシーケンサー用のベースコーラー

特徴:

1: <https://github.com/nanoporetech/dorado>

- 波形データから塩基配列に変換する高速処理を実行
- 機械学習を活用した高精度な解析
- データ変換にGPUを使用し、処理を加速
- 1サンプル約750GBの圧縮ファイルで構成されている

表 5 ノードおよび Dorado バージョンごとの解析速度比較

Table 5 Comparison of analysis speed for each GPUs and each Dorado versions

GPU	Dorado version	解析時間 (分)		解析時間 (分)
		w/o modification calling	w/ 5mCG calling	w/ 5mCG/5hmCG calling
高火力 PHY (H100x8)	v0.2.4	24.30	N.A.	-
	v0.3.0	18.03	50.05	45.97
	v0.5.0	18.66	39.99	42.74
	v0.5.1	15.97	42.80	42.48
遺伝研 igt (V100x4)	v0.2.4	211.15	215.06	224.93
	v0.3.0	211.05	214.86	221.89
	v0.5.0	244.70	267.30	232.26
	v0.5.1	242.08	263.06	231.39
p4d.24xlarge (A100x8)	v0.2.4	48.00	48.00	54.00
p3.8xlarge (V100x4)	v0.2.4	258.00	264.00	282.00

約15倍高速に解析できる

「これまで4時間かかる処理が15分で終わる」

Doradoで基本的なゲノム配列解析が1サンプル/15min
96サンプル/day
2880サンプル/month

3,046,120円 / 2880サンプル = **1057円/サンプル**

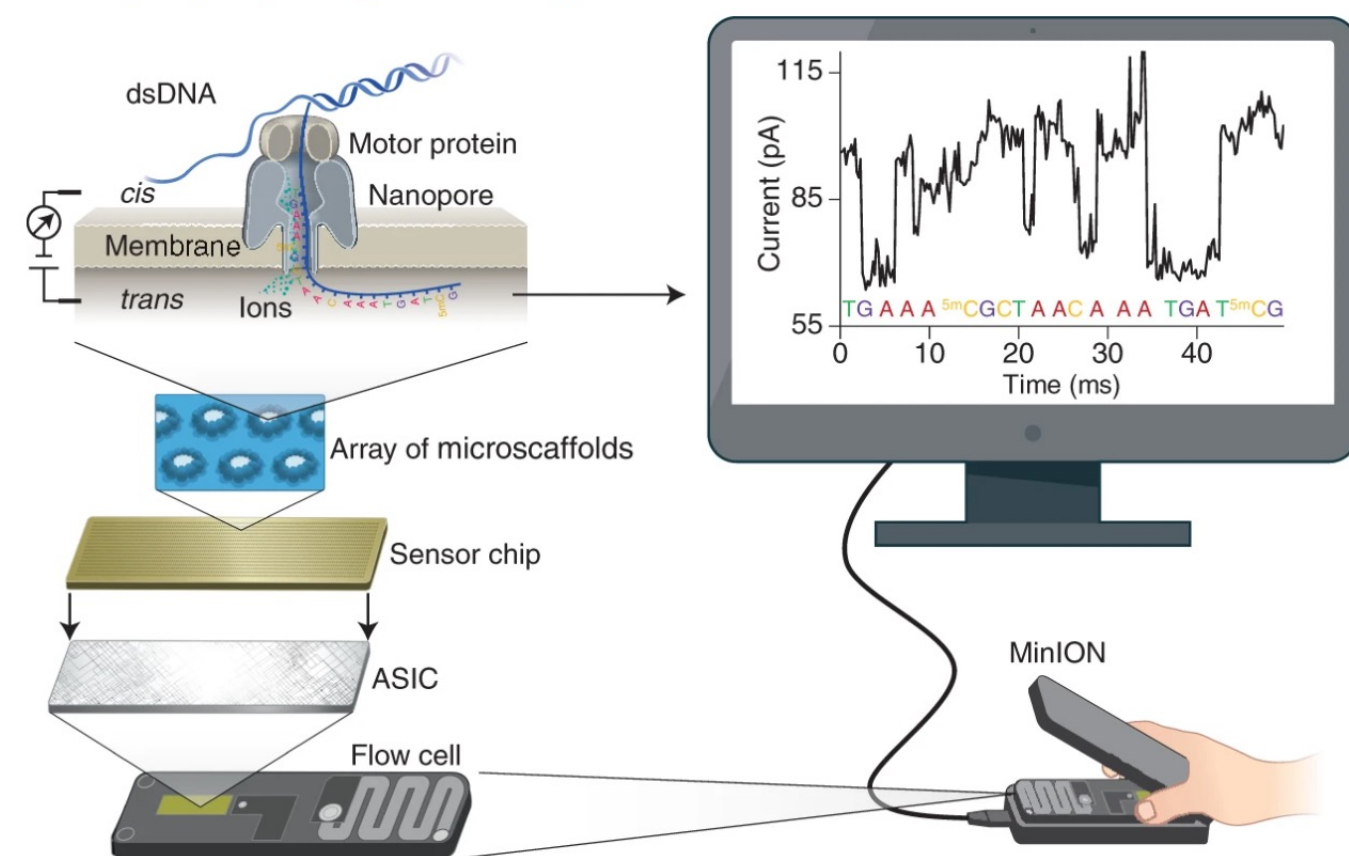
※ただし、最低2ヶ月の利用

現在の全ゲノム解析の価格は10万円を切っているなかで、解析コストを下げる高性能GPUの利用は必至の情勢になります。



Fig. 1: Principle of nanopore sequencing.

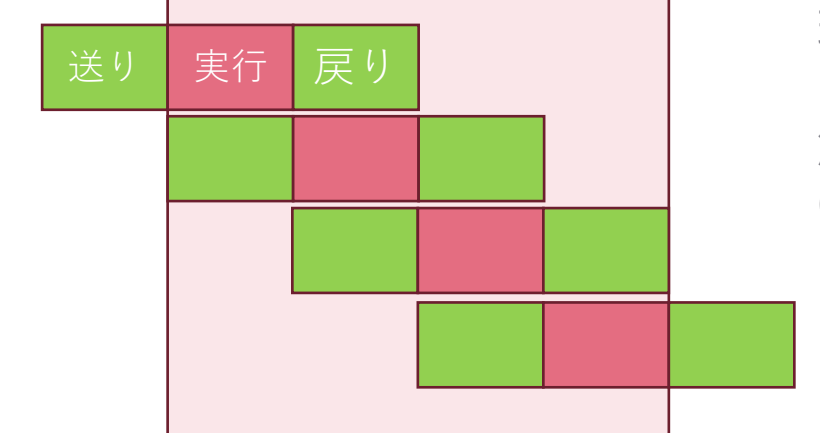
From: Nanopore sequencing technology, bioinformatics and applications



Wang Y, Zhao Y, Bollas A, Wang Y, Au KF. Nanopore sequencing technology, bioinformatics and applications. Nat Biotechnol. 2021;39(11):1348-65.



高火力PHY利用期間



複製無駄時間の無い効率的なパイプライン

大規模言語モデルを用いた材料データベースの構築

研究の目的

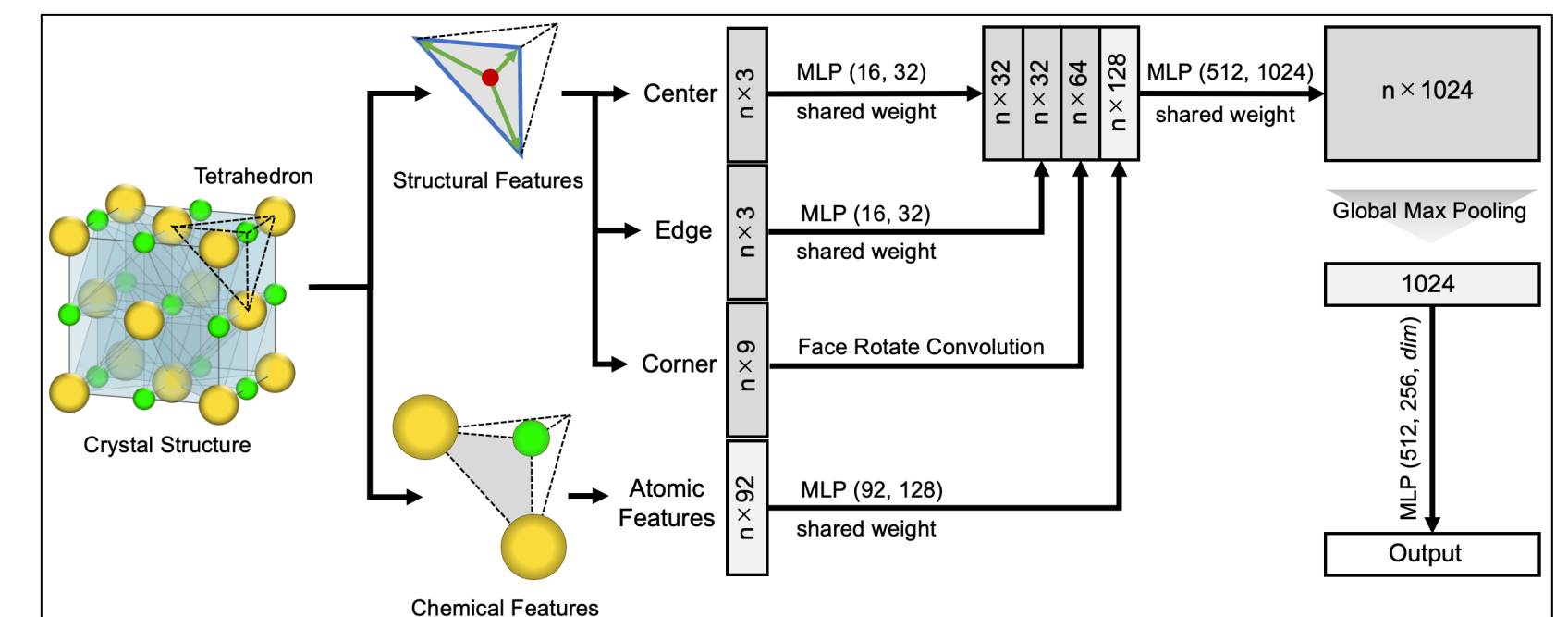
- 大規模言語モデルを用いて、科学論文等から自動的かつ高精度に材料情報を抽出し、データベースを構築する

研究のうれしさ

- マテリアルズ・インフォマティクス分野の発展に寄与し、計算機を用いた材料設計・探索を加速する
- 生成AI向けクラウドサービスの科学分野への応用を促進する

概略

- 京都大学複合原子力科学研究所との共同研究
- これまでの共同研究の成果をML分野の国際会議 ICMLA 2023で発表 (右図)
- 現在、情報抽出手法に関する研究が進行中



AI創薬の実現に向けた大規模言語モデルに関する研究

研究の目的

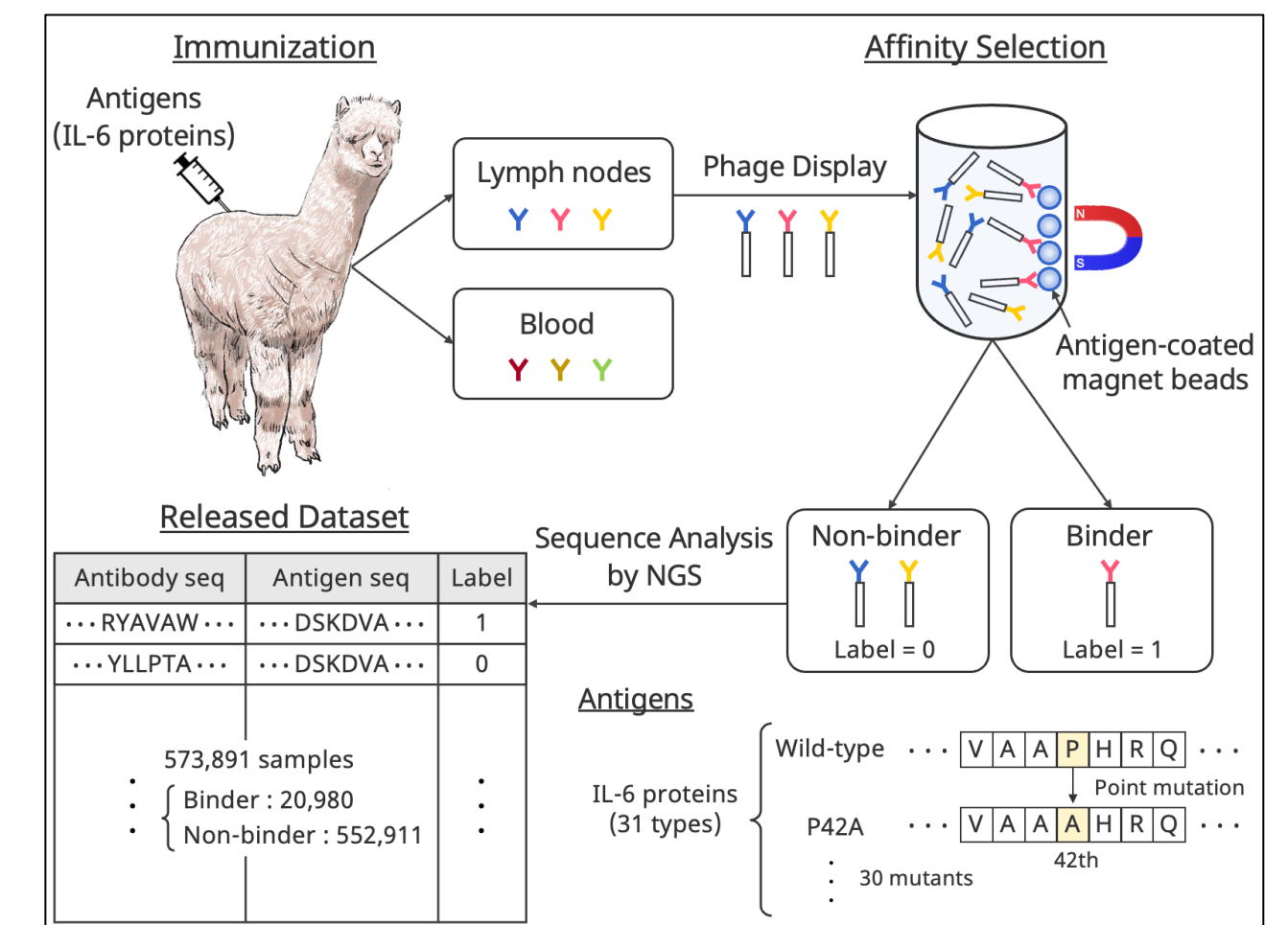
- 抗体のアミノ酸配列データを用いて大規模言語モデルを構築し、AI技術を活用した創薬プロセスの効率化を実現する

研究のうれしさ

- 従来の創薬プロセスの膨大な時間とコストを大幅に削減できる
- Unmet Medical Needsを満たす医薬品の開発に利用できる
- 生成AI向けクラウドサービスの科学分野への応用を促進する

概略

- 創薬スタートアップCOGNANO社との共同研究
- COGNANO社の創薬データセットに関する論文は、世界最高峰のAI国際会議NeurIPS 2023に採択
- 共同研究の成果を国際会議に投稿予定



「社会に開かれた教育課程」の実現に向けた研究

研究の目的

- 情報活用能力の育成について、生涯教育を前提とした学校と社会が連携する持続可能な学習体制のモデルを構築する

研究のうれしさ

- 誰もが高水準の情報活用能力を獲得することにより、その効果としてより進化したデジタル社会の実現が可能となる

概略

- 北海道新冠町における学校教育と社会教育との連携
- デジタル・シティズンシップ教育の普及を通じたデジタル社会における学力観や市民性の在り方検討
- SAJ「ワクワクする学びの場創造研究会」を通じた企業と学校の連携機会創出

「社会に開かれた教育課程」の実現に向けた研究 詳細

研究の背景

- 企業による学校支援の取り組みの多くは一過性である
- 少子化、労働人口減少により旧来の学校教育体制の維持が難しくなっている
- 世界的に教育政策が転換期を迎えている

研究の難しさ

- 日本の教育政策や教育行政が地方分権を謳いながらも未だ中央集権的であり、学校や教員の裁量が限定的で企業の立場からの支援がしにくい構造である

研究の手法など

- 小中学校の部活動を通じた教育体制のデザイン実験（新冠町商工会との連携を検討中）
- デジタル・シティズンシップ教育ワークショップ実施や、セミナーを通じた教材及びワークショップデザインの開発（国際大学GLOCOMとの共同研究を検討中）