

先端エレクトロニクスDAQセミナー2020
～ ソフトウェア技術 ～

データ収集システム概要

広島工業大学

長坂 康史

nagasaka@cc.it-hiroshima.ac.jp

長坂 康史 ながさか やすし

広島工業大学 学長

博士 (理学)

専門 情報学 (ネットワーク, ソフトウェア)

素粒子物理学 (実験)



物理

高エネルギー原子核・素粒子物理

分散データ収集システム



情報学

情報通信ネットワーク

情報システム・ソフトウェア

IoT・M2M・ビッグデータ処理



広島県広島市

山梨県甲府市

茨城県つくば市

長崎県長崎市

1966年 山梨県甲府市生まれ

1984年 茨城県つくば市 (筑波大学・KEK)

1997年 長崎県長崎市 (長崎総合科学大学)

2001年 広島県広島市 (広島工業大学)

目的と達成目標

- 目的

- データ収集システムとは何かを知り、データ収集システムを構築するための知識を修得する

- 達成目標

- データ収集システムの役割を知り、設計することができる

目次

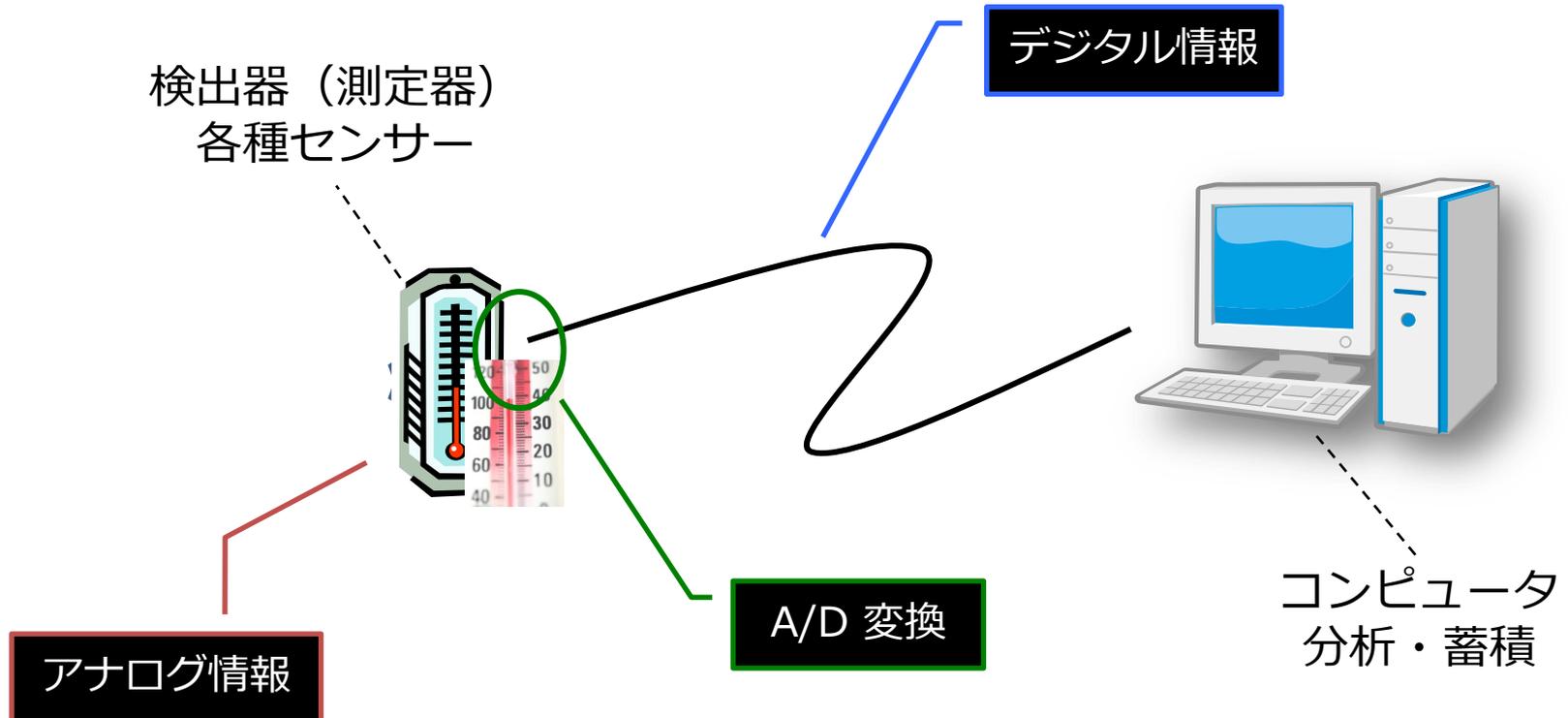
- データ収集システムとは
- データ収集システムの役割
- データ収集システムの概要
- データ収集システムの設計

- **データ収集システム (DAQシステム)**
 - DAQ : Data Acquisition System

データ収集システムの例

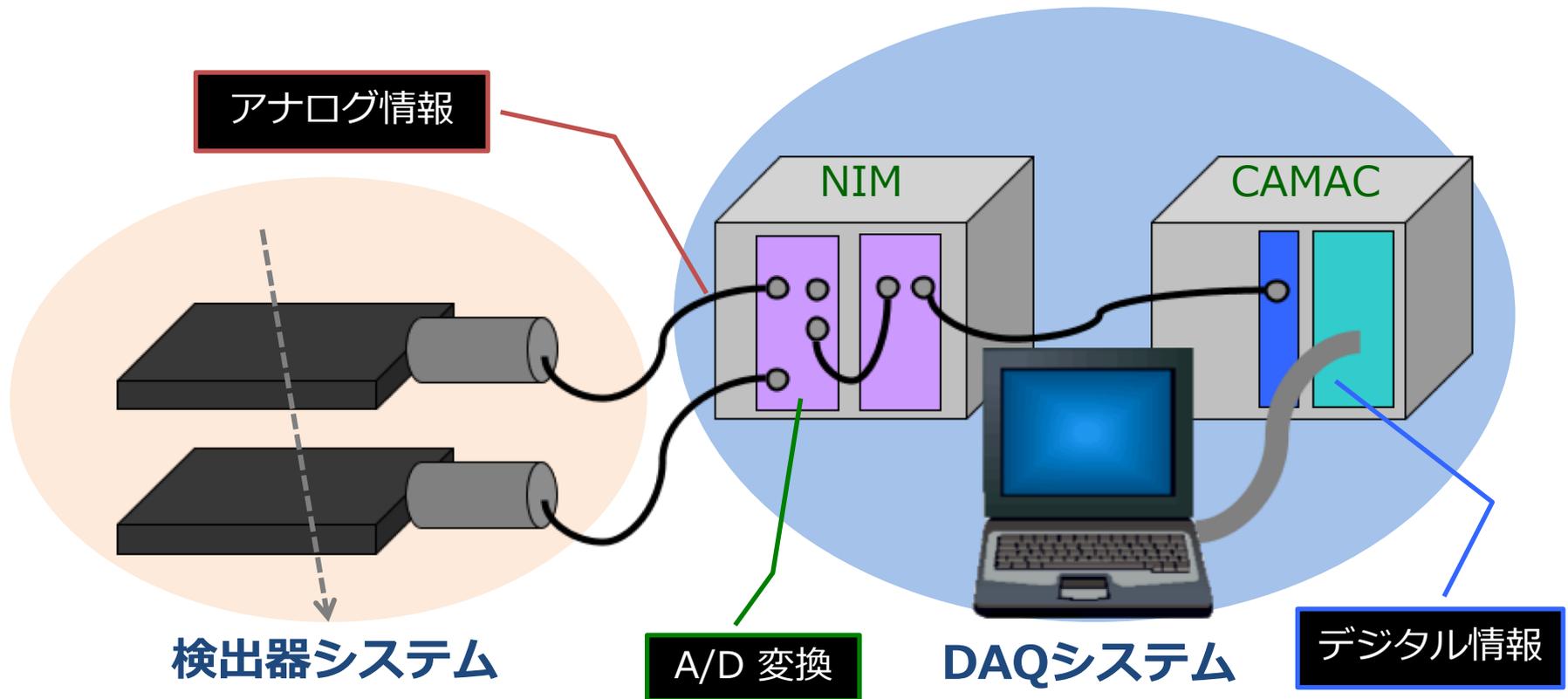
DAQシステムの例 1

- 小規模DAQシステムの例 1



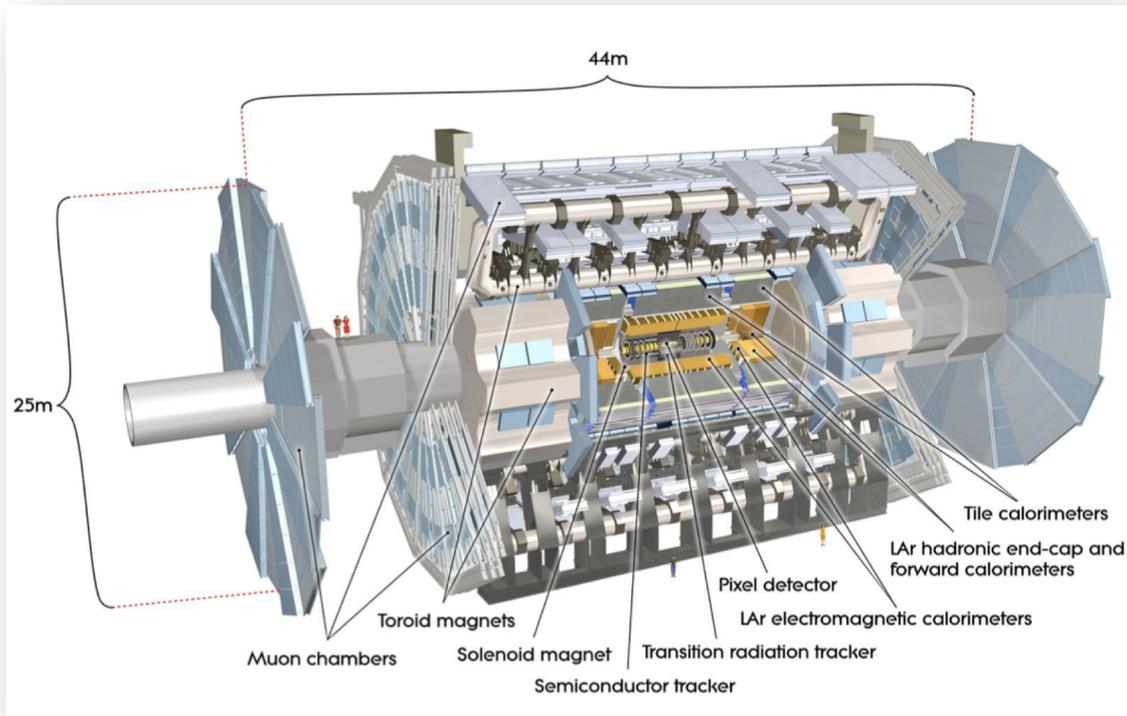
DAQシステムの例 2

- 小規模DAQシステムの例 2
 - 2枚のシンチレーション・カウンタを通過する宇宙線を検出してカウント

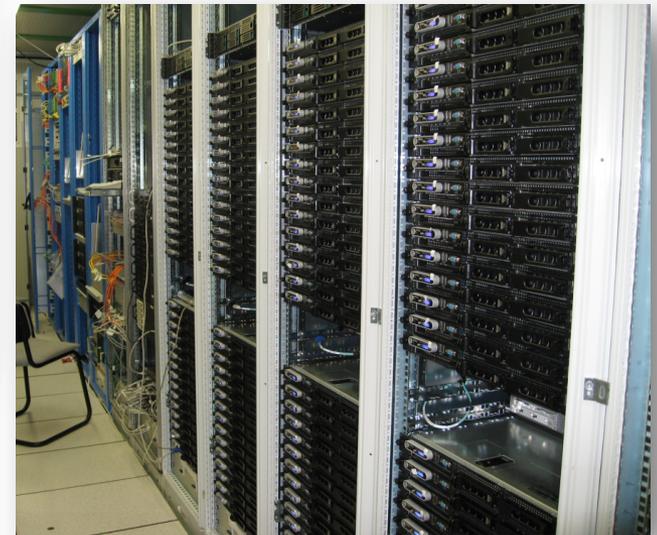


DAQシステムの例 3 (1)

- 大規模DAQシステムの例 (ATLAS実験)



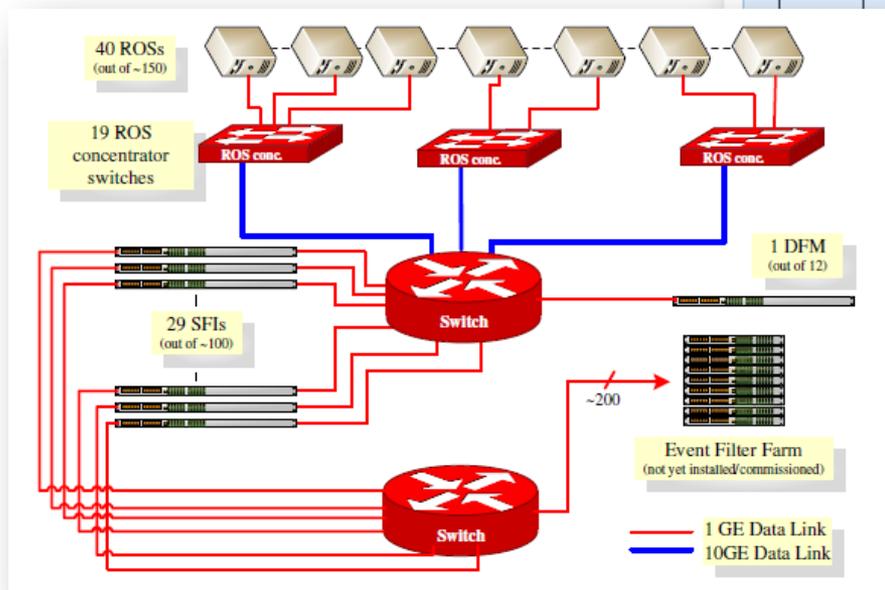
ATLAS実験測定器



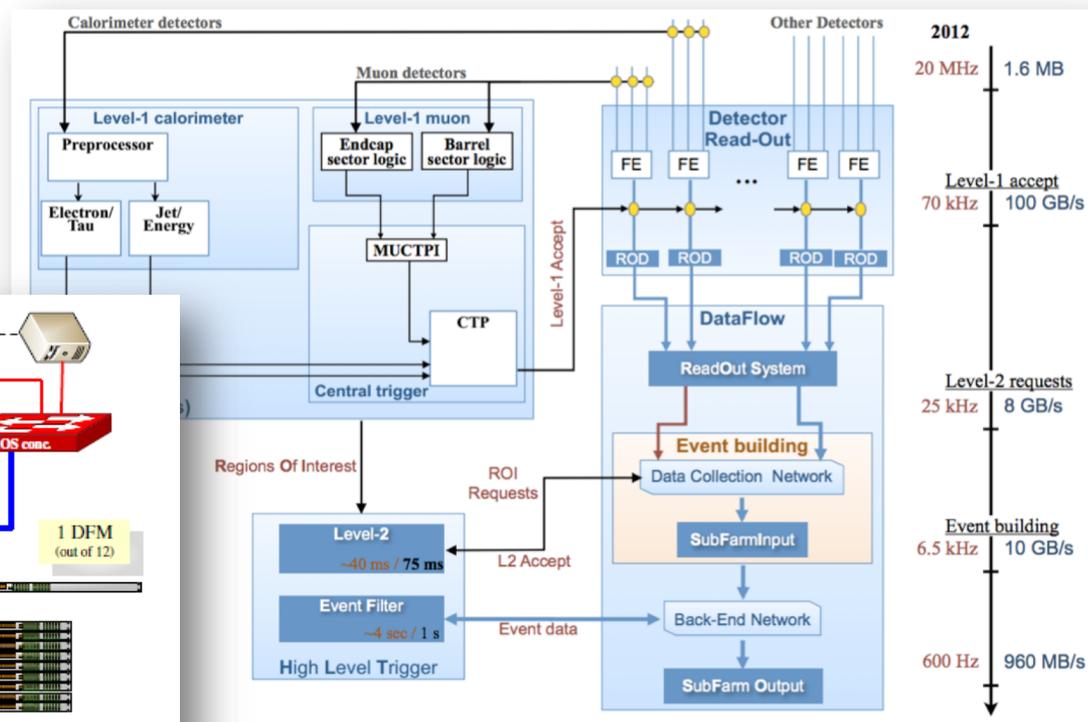
ATLAS実験データ収集システム

DAQシステムの例 3 (2)

- 大規模システムの例 (ATLAS実験)



データ収集システム 構成



データ収集システム 概要

DAQシステムの例 3 (3)

The screenshot displays the ATLAS TDAQ SOFTWARE interface for Partition part_I2ef. The system is in a **RUNNING** state. The main window shows a tree view of the DAQ system components, all of which are currently **RUNNING**.

Run Control Commands:

- SHUTDOWN, BOOT
- TERMINATE, INITIALIZE
- UNCONFIG, CONFIG
- STOP, START
- HOLD TRG, RESUME TRG

Beam Stable: Warm Start Warm Stop

Run Information & Settings:

| | Number | Rate |
|---------------|---------|-----------|
| Lumi Block | 2 | |
| Level 1 | 2476639 | 0 |
| Level 2 | 2476576 | 27.50 kHz |
| Event builder | 24445 | 281.30 Hz |
| Event filter | 2477 | 29.22 Hz |
| Recorded | 0 | 0.00 mHz |

Tree View (All RUNNING):

- RootController
 - L2-Segment-1:ixplus419
 - Top-LVL2-L2-Segment-1-Gatherer
 - L2SV-Segment-1:ixplus419**
 - EBEF-Segment-1:ixplus419
 - DFM-1
 - SFO-1
 - LVL2ResultHandler-1
 - Top-EF-EBEF-Segment-1-Gatherer
 - EBF-Segment-1:ixplus419
 - ROS-Segment-1:ixplus419

L2SV-Segment-1:ixplus419 Detail View:

- HW
- PMG
- Infrastructure

Subscription criteria: WARNING ERROR FATAL INFORMATION Expression

Message format: Short Long

Number of visible rows: 100

Current MRS subscription: WARNING|ERROR|FATAL

データ収集システムの役割

科学の役割とDAQシステム

- **事実や経験から客観的な法則性を見出し、未来の生活に役立てる（備える）こと**
 - 客観的な法則
 - いつでも、どこでも、誰がやっても同じ結果
 - 法則性を見出すためには、過去の事実や経験の積み重ねが重要
- **データ収集（DAQ）システムは、事実を記録して法則性を見出すための一つの道具**

DAQシステムを必要とする状況

- コンピュータを利用したほうが良いシステム
 - 多くの時間、人手、お金を必要とする実験
 - 滅多に起こらない現象を辛抱強く待つ実験
 - 瞬間的に大量の情報が発生する実験
 - 可視化できても人間の目や耳ではとうてい認識不可



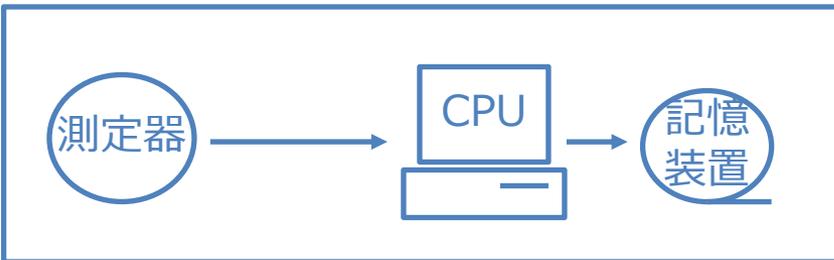
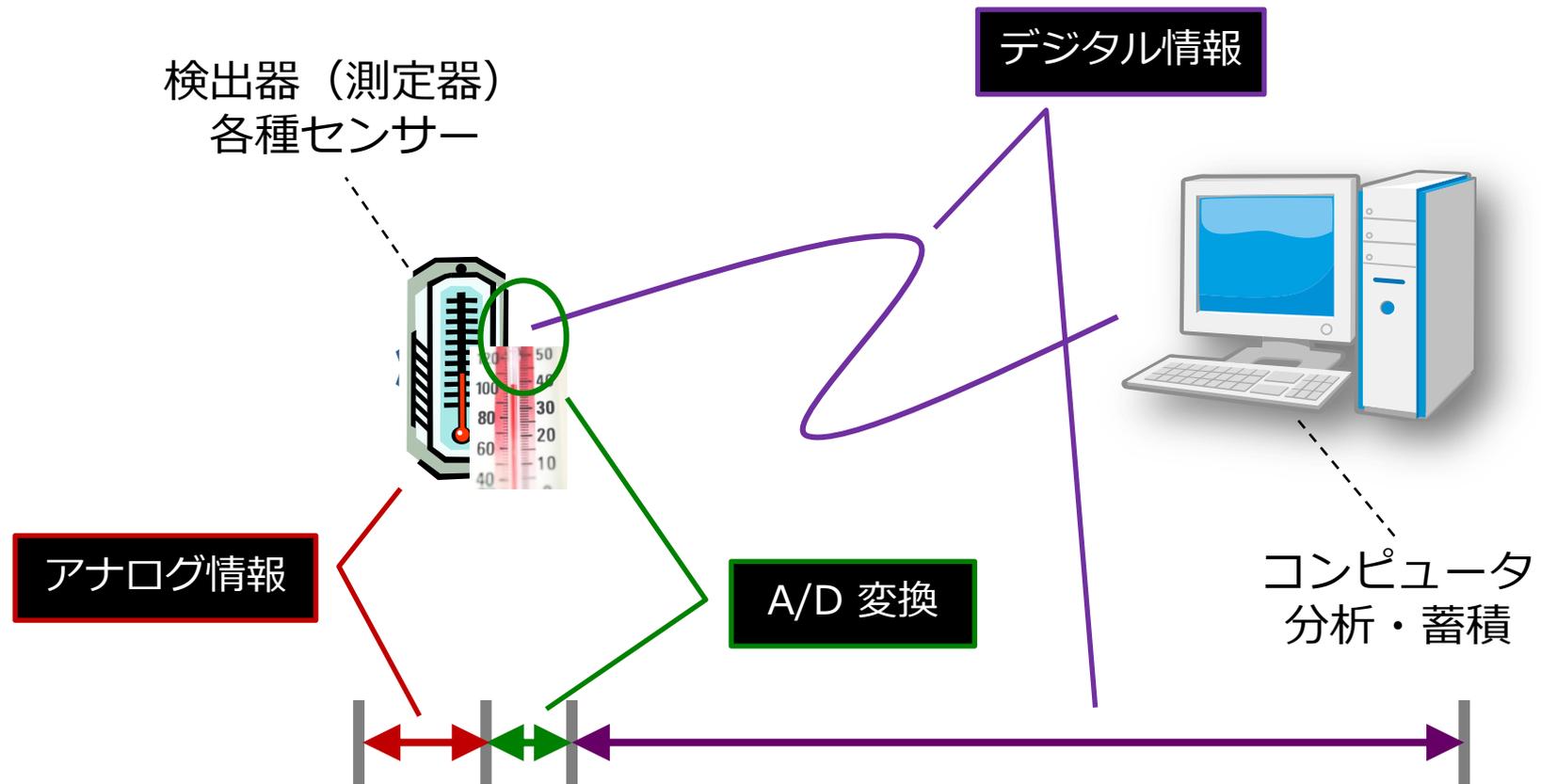
状態を計測し、
データを**収集・記録**し、
後から**解析**

DAQシステムの役割

- さまざまな場面で、ある状態を計測し、そのデータを**収集・記録し、伝えること**
 - 計測、収集したデータは、後で本人のみならず、別な人も解析できることが必要
 - データではなく情報として伝えることが大切

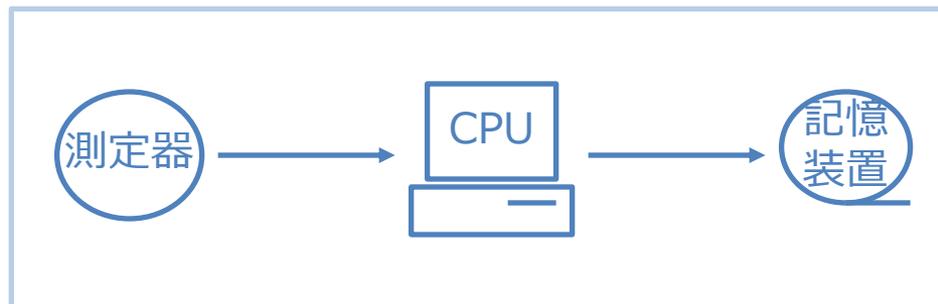
DAQシステムの概要

DAQシステムの基本



データ収集システム基本要素

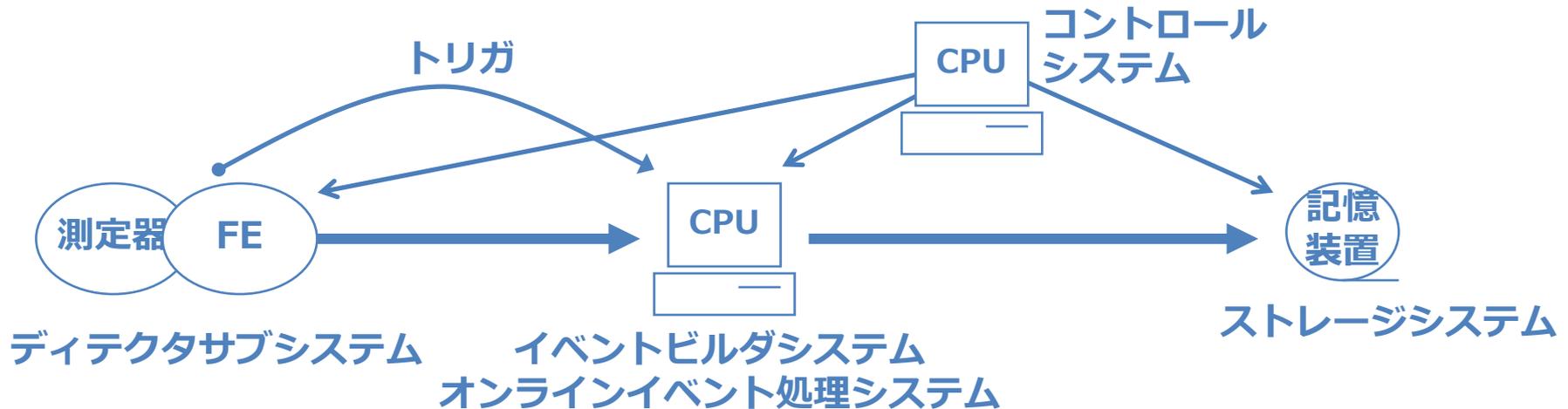
- **DAQ (Data Acquisition) System**
 1. **収集** (Acquisition)
 - A/D Conversion, Trigger, Event building
 2. **記録** (Storage)
 3. **制御** (Control)
 4. **モニタ** (On-line Monitor)
 5. **解析** (On-line Analysis)



データ収集システム基本構成

- データ収集システムの構成要素
 - ディテクタサブシステム
 - フロントエンドシステム
 - イベントトリガシステム
 - イベントビルダシステム
 - オンラインイベント処理システム
 - ストレージシステム
 - コントロールシステム

収集 ・ 記録 ・ 制御 ・ モニタ ・ 解析



データ収集システムの設計

データ収集システム開発

- 実験の要求に見合うものを開発（選択）
 - 効率良くデータを収集するために

- 開発における設計の重要性
 - ソフトウェア工学
 - 開発プロセスモデル
 - 統一モデリング言語（UML）
 - オブジェクト指向開発
 - …

システムを考える上で

- 実験や観測の目的により、要求される機能、性能は異なる
 - 要求は必ずしも目的に合致していない
 - オーバースペックであることが多い
- 制約を考慮する
 - 期限、人的資源、予算、使用可能ツール、などの制約がある。特に期限は重要
- 開発だけでなく、検証、運用、保守、改良等も考慮する

性能を決定（1）

- 事象の属性を把握

- 事象を構成する機器とデータ伝送性能

- 事象の発生頻度（最大、最小、平均）

- 目的とする事象ではなく、読み込みを必要とする（バックグラウンド等を含む）事象であることに注意

- 各機器ごとの事象のデータサイズ（最大、最小、平均）

性能を決定（2）

- 記録性能を把握
 - 媒体は何にするか
 - 交換を必要とするか
 - 必要とするなら交換方式（方法）や交換時間
 - 事象にフィルターをかけるか
 - かけるならフィルター後の事象発生頻度

速度の目安

- **イーサネット**
 - 10~100 MByte/sec (100 Mbps~1 Gbps)
 - しかし目安としては最大でも半分
- **USB**
 - 最大速度
 - 1.1規格 1.5 MByte/sec (12 Mbps)
 - 2.0規格 60 MByte/sec (480 Mbps)
 - 3.0規格 600 MByte/sec (5 Gbps)
 - でもバスがボトルネックになる可能性
- **DVD**
 - 1 MByte/sec 程度
- **BD**
 - 2~3 MByte/sec 程度

情報を伝える観点から

- 情報伝達の基本は5W1H
 - 必ずしも全部が必要というわけではないが、データだけでは情報が正しく伝達されるとは限らない
 - **いつ**（日時、時刻）
 - **どこで**（観測場所、実験施設など）
 - **誰が**（グループ名、シフト名など）
 - **何を**（実験対象、観測対象など）
 - **何のために**（本番、テスト、調整など）
 - **どのように**（実験条件・観測条件・データ形式など）
- システムとしては、データだけでなく、これらの基本情報も記録されていることが必要

データの読出と記録

- 計算機で後世に伝える手段は、半恒久的媒体に記録すること
- 基本はデータ源からデータを読み出し、記録媒体に書くこと
- 考えなければならないこと
 - データ源からのどのように読み出すか？
 - 記録媒体へどのように書き出すか？

システム設計におけるポイント

- ソフトウェア工学におけるシステム設計の課題
 - システムに求められる機能の高度化による複雑さ
- 複雑さ克服のための3つの指針
 - a. 抽象化とモデルの利用**
 - システムの性質のみをクローズアップさせる
 - 性質を正しく表現できる適切なモデルの適用
 - 本質ではない事項をそぎ落とす
 - b. 分割と階層化**
 - 構造化設計
 - システムの機能要素の階層化に主眼をおいた設計
 - c. 独立性**
 - 高い独立性
 - 要素内： 密結合
 - 要素外： 疎結合・単純

データ収集システム：収集データ

- 収集データ

- **データサイズ** (データフラグメントサイズ)

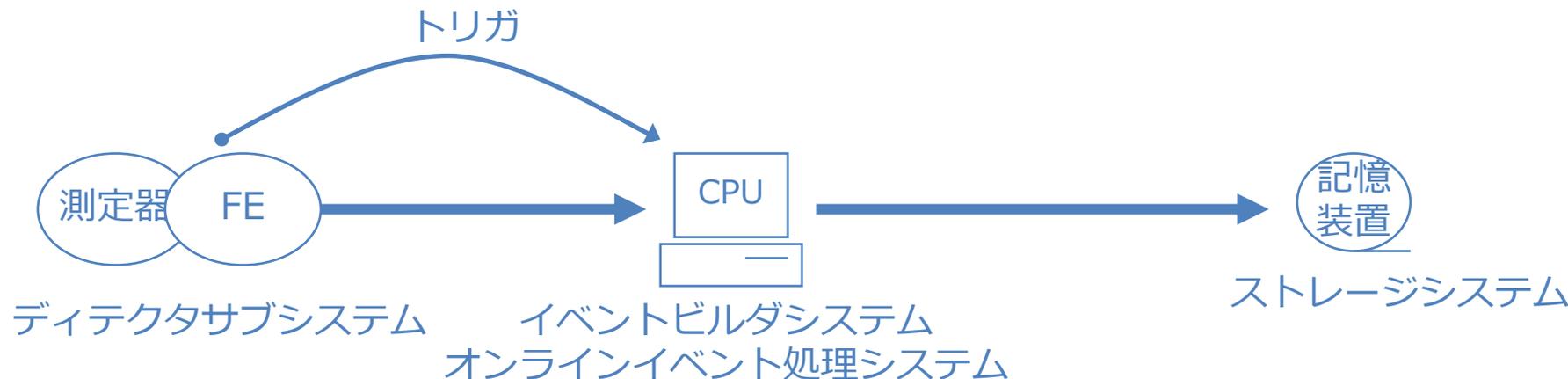
- 例) 1 kByte

- **データレート**

- 例) 1 kByte, 1 kHz \Rightarrow 1 MByte/sec

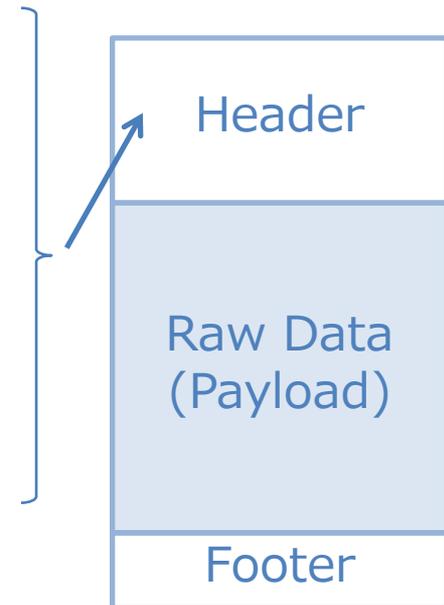
- **ディテクタサブシステム数**

- 例) 1 kByte, 1 kHz, 10 システム \Rightarrow 10 MByte/sec

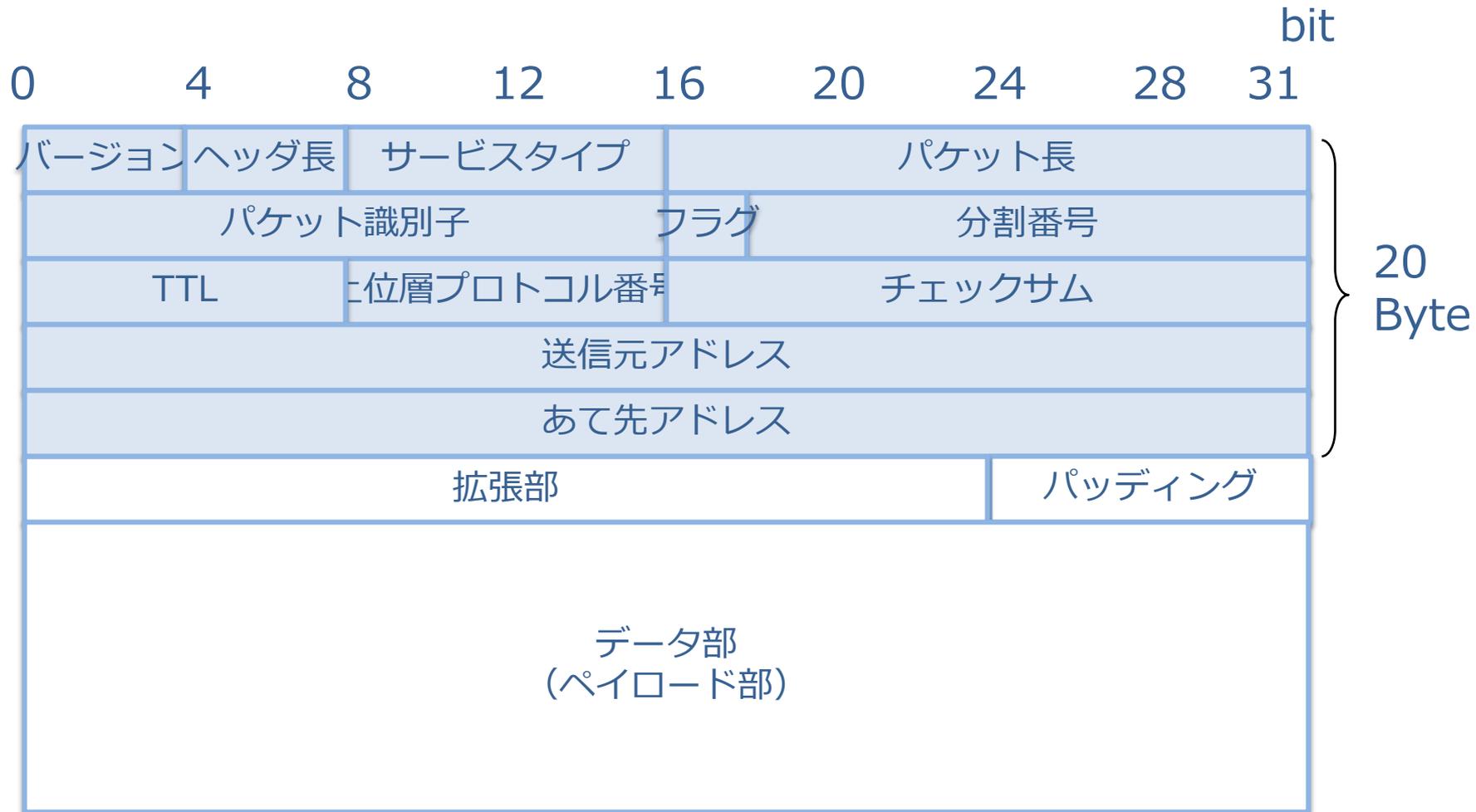


データ収集システム：データ構造 1

- **ローデータ** (Raw Data)
 - 測定したバイナリデータそのもの
- **イベントデータ** (Event Data)
 - ローデータに処理するために必要な情報を付加したもの
 - 日付と時刻
 - シーケンス番号
 - 測定器番号 (サブシステム番号)
 - イベント番号 (イベントフラグメント番号)
 - イベントサイズ (イベントフラグメントサイズ)
 - イベントタイプ など



例) IPパケットフォーマット



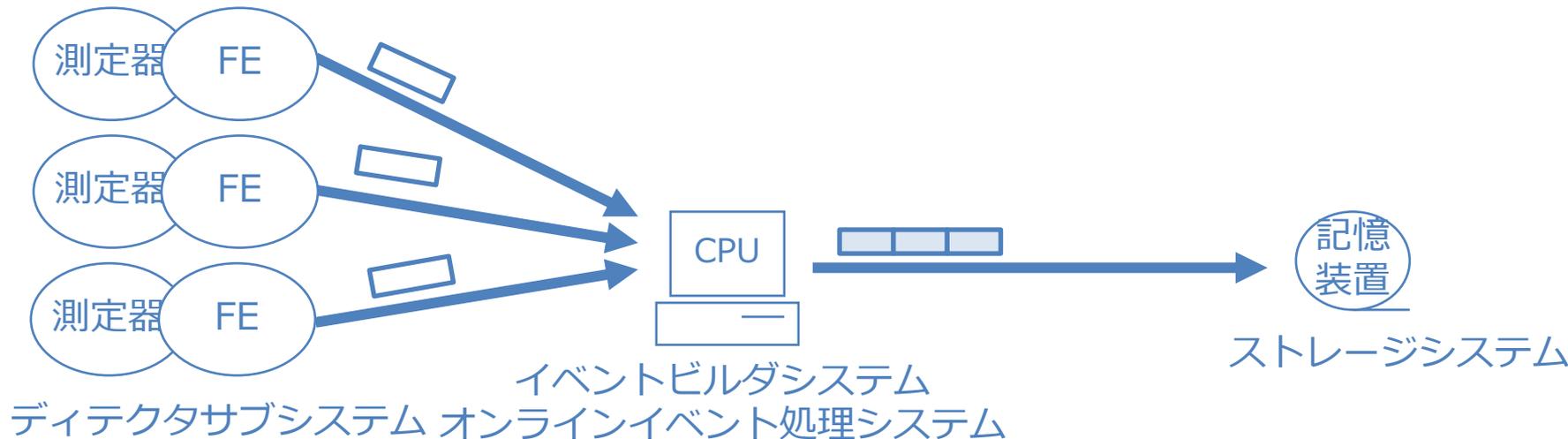
イベントとイベントフラグメント

- イベントフラグメント

- ディテクタサブシステムで生成されたローデータ
 - イベントフラグメントだけでは一つの事象を表すことはできない

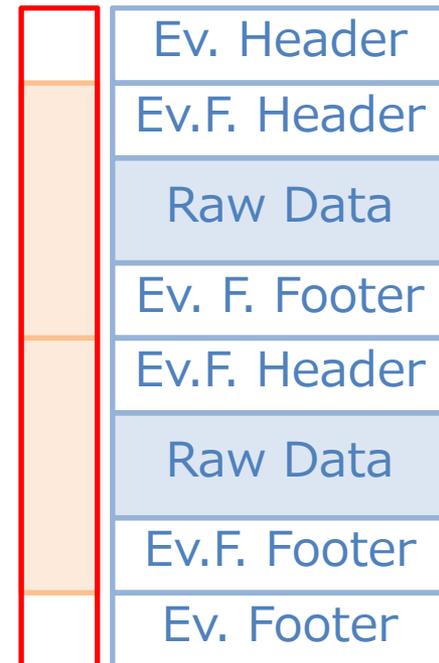
- イベント

- イベントフラグメントの集合
 - 一つの事象を表す



データ収集システム：データ構造 2

- **イベントデータ** (Event Data)
 - イベントフラグメントデータの集合
- **イベントフラグメントデータ** (Event Fragment Data)
 - ローデータに処理するために必要な情報を付加したもの
 - 日付と時刻
 - シーケンス番号
 - 測定器番号 (サブシステム番号)
 - イベント番号 (イベントフラグメント番号)
 - イベントサイズ (イベントフラグメントサイズ)
 - イベントタイプ など



データ収集システム：ステート

- データ収集システム
 - 状態が移り変わりシステムが動作するステートマシン
- 状態の決定
 - 必要な状態の定義と遷移条件
例)
 - STOPPED : ソフトウェア起動済み
 - CONFIGURED : システム動作のための設定済み
 - RUNNING : データ収集中
 - PAUSED : 一時停止中

状態遷移の例

- 状態（ステート）と遷移の例

- STOPPED

- ソフトウェア起動済み

- CONFIGURED

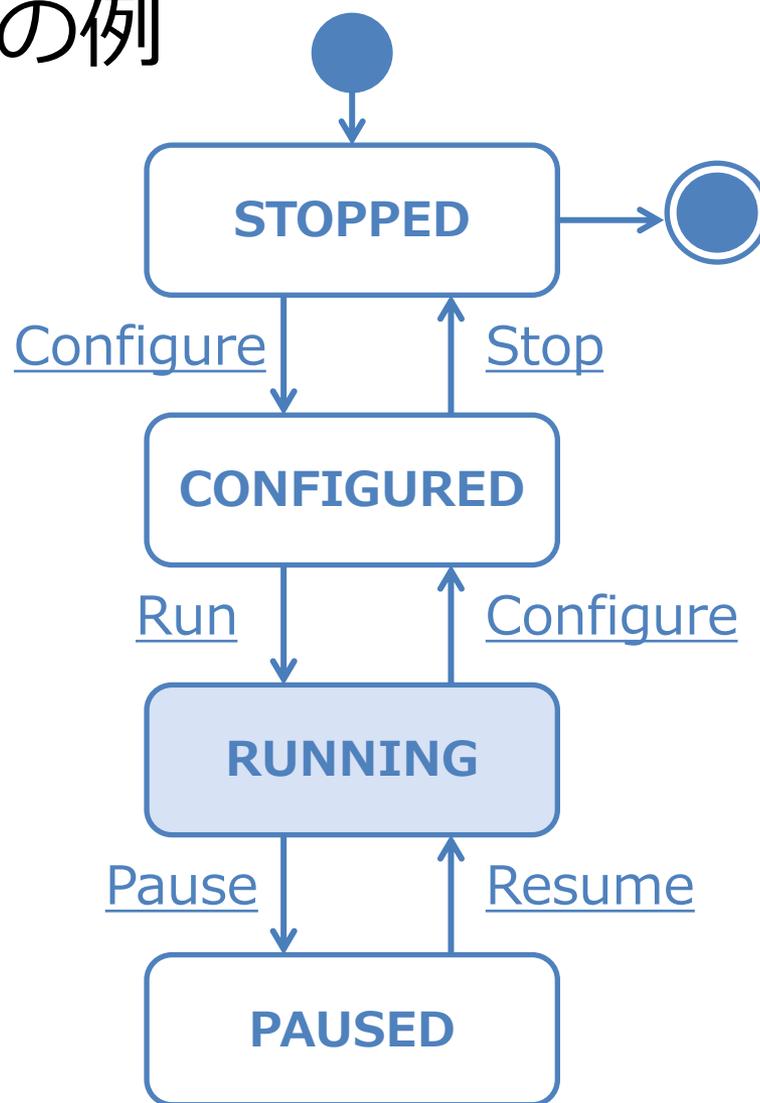
- システム動作のための設定済み

- RUNNING

- データ収集中

- PAUSED

- 一時停止



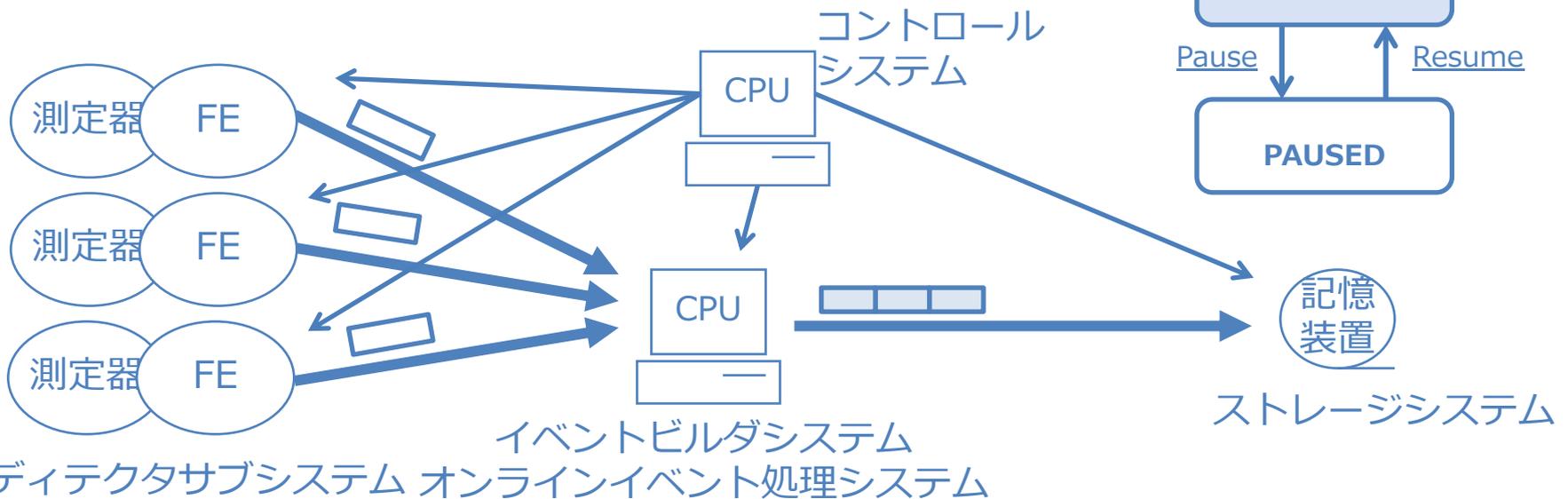
ステートとコマンド

- コマンド

- 状態を遷移させるためトリガとなるもの

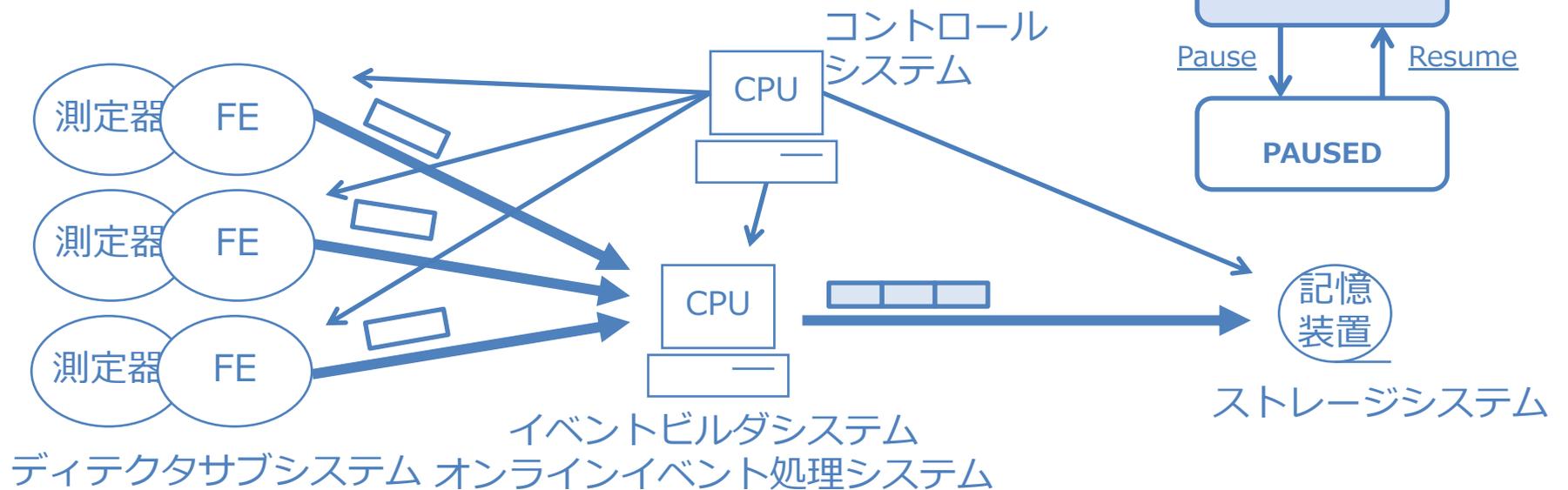
- 例)

- Configure • Run • Pause
 - Resume • Stop



エラー処理

- エラー
 - 種類
 - 発生場所
 - 通知方法



DAQシステムの構築のポイント 1

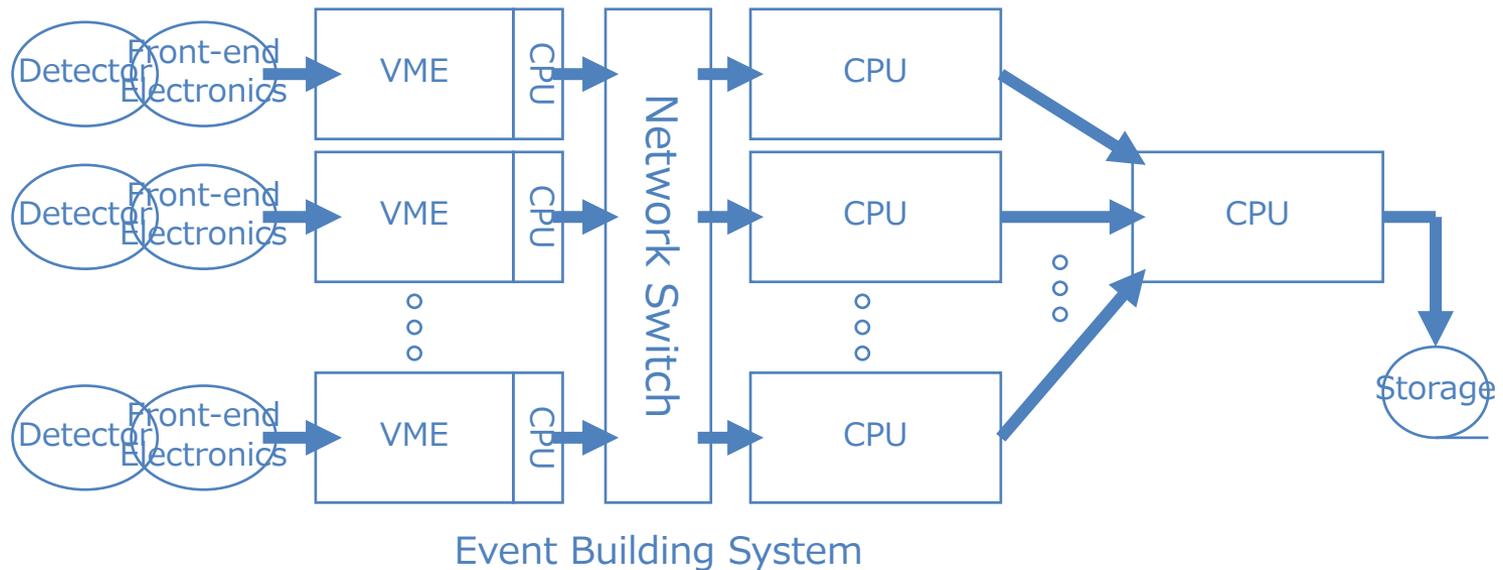
- ソフトウェアで実現する機能
 - 実験データ通信機能
（実験データ制御機能）
 - 制御データ通信機能
 - 状態管理機能
 - 実験データ読出し機能
 - 実験データ保存機能
 - データモニタ機能
 - システムモニタ機能
 - オンライン解析機能
 - システム制御機能
（ランコントロール機能）
 - メッセージ・ログ管理機能
 - システム設定機能
 - ユーザーインターフェイス機能

DAQシステムの構築のポイント 2

- 既存のものものの**再利用**
 - グループ（自分）が開発したもの
 - 共通フレームワークとして公開されているもの
 - DAQ-MW
- 機能の**重要度と優先度**
 - 重要な共通機能を持ったソフトウェアを設計
 - それをもとに各機能に対応するプログラムを設計
 - 重要度と優先度に従った開発

DAQシステムの構築のポイント3

- より効率良く収集可能なシステムの構築
 - どの位置にどのくらいのバッファを配置するか
 - どの位置でどのくらいのフラグメントしてまとめるか
 - プッシュ型かプル型か



まとめ

まとめ

- **DAQシステム**とは、後から何度でも解析できるように、**データを情報として記録するシステム**
- ソフトウェアは後から変更可能と思わず、必ず**熟考してから開発を始める**
 - 後の解析のために、どのような情報をどのように記録しておくか十分に考察する
 - 正常に働いていることを常時示すために、正常であることを示すパラメータは何かを考察する
- 可能な限り標準化された規格などを使う
 - 標準規格を使えばマニュアルやテストツールなども揃っていることが多い
- ソフトウェアにすべての解を見つけようとせず、広く柔軟に解をさがす