

今回は日本語で、。

## はじめに

LCGTに於いては、多数の機器が24時間稼動状態となる。これらの機器の動作状況を監視し、異常発生時に適切な処置を行うことは長期安定運転のために必要不可欠である。しかしLCGTは3kmの基線長と地下という特殊な環境のため、人間が個々の機器を直接確認するというのは現実的ではない。そこで、機器のモニタリングと制御はリモートもしくは自律的に行われる必要がある。この会議の目的は、そのような機器制御をどう実装するのか議論することにある。

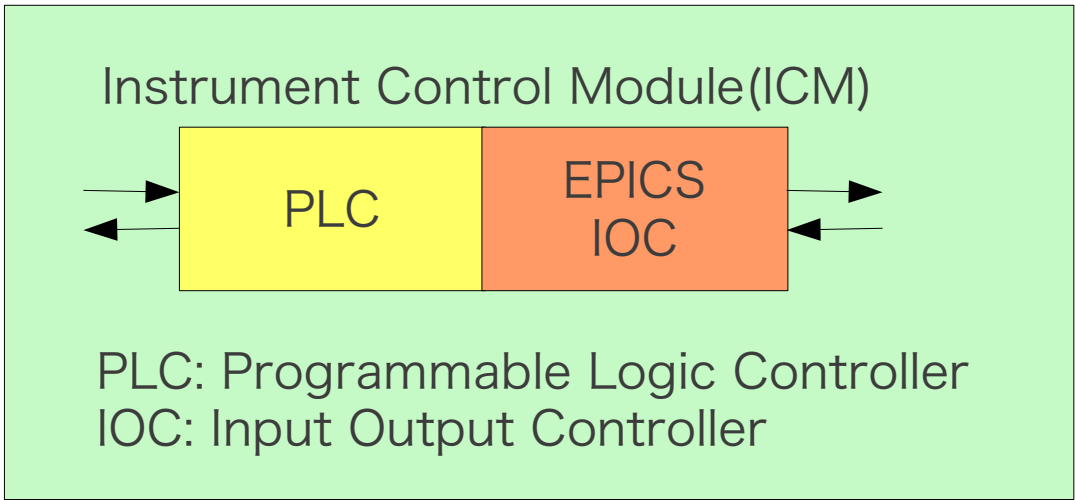
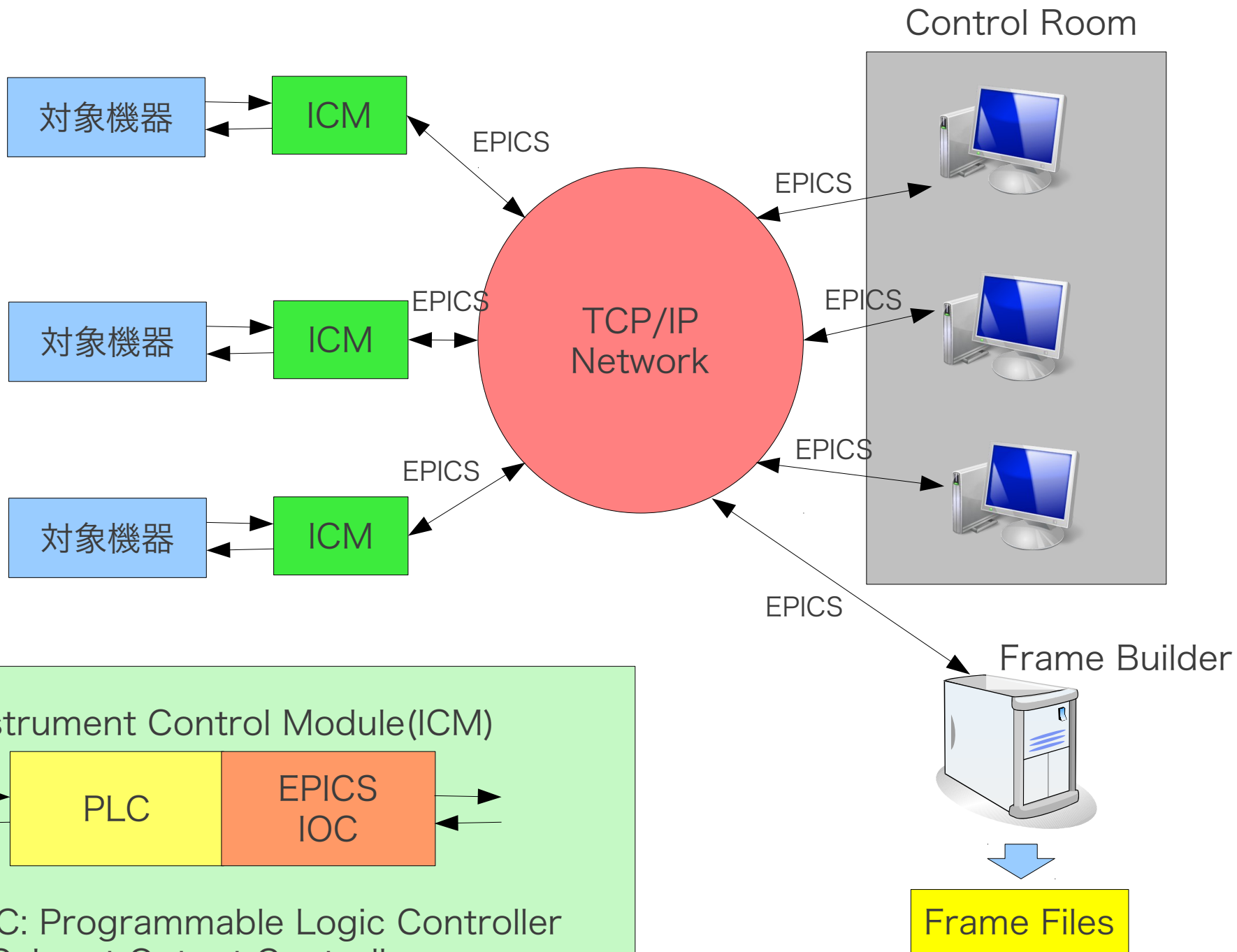
## 要求機能

- 各種機器動作状態の遠隔モニタ、ロギング
- 各種機器の遠隔操作
- 異常発生時の自律制御による迅速かつ安全なシャットダウン(インターロック)

## 対象

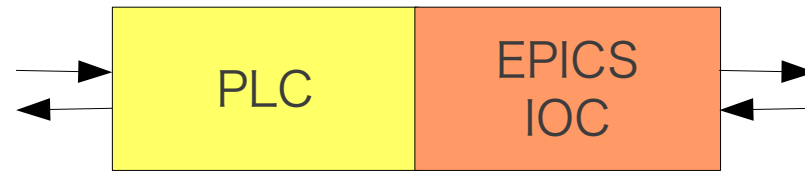
- 真空系
- 低温系
- レーザー
- その他 (環境モニター etc)

# 全体イメージ



# Instrument Control Module (ICM)

ICM: PLCとEPICS IOCが合体した物



## PLC: Programmable Logic Controller

- 産業界(工場など)で使われる、シーケンス制御機器の一般名称(標準規格ではない)
- 小型CPUに各種入出力モジュールが付く (ADC, DAC, BIO, リレーBox, etc)
- 高耐久性、高信頼性、製品の継続性が良い
- メーカー: 横河、三菱電機、キーエンス、オムロン等

## EPICS IOC: EPICS Input Output Controller

- EPICSシステムにおいて、物理的な機器との入出力を担うコンピュータ
- 内部的にProcess Variable (PV)と呼ばれる状態変数を多数保持
- 定期的に(16回/秒)ぐらい、PVを処理(Process)する
  - 例えば、ある温度センサーの値を読み取ってPVに保存する
  - 又は、PVの値に応じて、制御電圧を出力する
- Channel Access (CA) Protocolを用いてクライアントはPVをリモート操作できる
  - PVの読み取り、書き込み
- Realtime SystemではEPICSをUser Interfaceとして利用
- 機器制御系もEPICSを利用することで、統一性のあるUser Interfaceを提供する
- aLIGOのFrame Builderは、EPICS PVを自動的にFrame形式で保存してくれる機能が既に実装されている。(使わない手はない。データ保存システムの開発省略可)

# ICMの基本動作

## 通常時

- PLCは定期的に機器の状態情報(温度、真空度等)を取得
  - 取得の方法は機器に依存する(センサーの出力電圧をADCで読み取るかもしれないしシリアルケーブルでデジタル的に情報を取得するかもしれない)
- EPICS IOC部分はPVを処理する際に、PLCに機器の状態情報を問い合わせ、対応するPVの値を更新する (PV名の例: K1:PSL-MASTER\_LD\_TEMP1)
- PVが更新されると、同じTCP/IPネットワーク上のクライアントからは、更新された値が参照できる(例えば、コントロールルームのPC上の温度モニター値が更新される)
- Frame Builderは更新されたPV値を取得し、Frame fileに保存していく
  - どのPVを保存するかは、あらかじめリストとして与えておく

## 遠隔操作時

- クライアントPCからPVに値を書き込む
  - 例: K1:PSL-MASTER\_LD\_CUR\_SP (LD電流のセットポイント)
- ICMのIOC部分は、更新されたPV値をPLC部分に通知する
- PLC部分は適切な操作を制御対象機器に加える(例では、LD電流のセットポイントを変える)

## 異常発生時

- PLCが機器の異常状態を検出 (温度が閾値を超えている、真空度が閾値以下等)
- あらかじめプログラムされた手順(シーケンス)に従って自動的に対処を実施 (通常は機器のシャットダウン)
- この動作は、PLCが単体で自律的に行い、IOCは関知しない(高信頼性)
- 異常が発生したことは、IOCを通してコントロールルームに通知される

## ICMの実装に関して雑記

- Realtime Systemで既に宮川さんと共働している、日立造船の電子システム部がこの話に興味を持ってきている
- EPICS IOCはPLCのCPUモジュール上で実行(?)
- EPICS <-> PLCのインターフェースは作らなければならない
  - 日立造船では加速器のために作った経験あり(そのまま使えるかも)
- PLCは買ってくる
- PLCのラダープログラミングは俺やりたくない(by 麻生)
- PLCの入出力モジュールはRealtime Systemと比べて安価か?
  - そうでない場合、多チャンネルが必要でかつ信頼性がいらぬ場所はRealtime Systemを利用したほうが良い

# ICMで何をやるか

## 機器状態モニター

- 真空系: 真空度、ポンプ動作状態、GV状態
- 低温系(?): コンプレッサー動作状態、各種温度
- レーザー: 各部温度, 電流値, パワー

## 環境モニター(?)

- 室温、湿度、パーティクルカウント, etc
- 高速なもの(振動計等)はRealtime Systemで取得
  - ならば、遅いのも全てRealtime Systemにすれば良い?
  - PLCのADCモジュールの値段依存

## 遠隔操作

- 真空系: GV開閉, ポンプ ON/OFF
- 低温系: 冷凍機 ON/OFF
- レーザー: 温調セットポイント変更, LD電流変更

## 自律制御

- 真空系: 真空事故時の自動GV閉鎖
- 低温系: 特になし?
- レーザー:
  - レーザー異常時(高温など)の自動シャットダウン
  - レーザー部屋の扉などが不用意に開けられた場合のシャットダウン

# これもやる？

## サスペンションのWatch Dog

- サスペンションが大きく揺らされて、ローカルセンサーのレンジを超えた場合ローカルダンピングサーボを遮断する必要がある(ローカルセンサーの出力が無意味なので、ダンピンググループを入れたままにしていると、どんどん揺れを増幅する可能性があるから)
- Watch dogは高信頼性が必要。ネットワークに依存しない自律性が重要。
- ICMで実装するのが合理的ではないか

## 入退室管理システム

- レーザー部屋に関しては、レーザーインターロックとの連携が必要

## 安全モニター

- 酸素モニター等
- 関連法規の確認がまず必要

## 今後

- 機器制御会議スコープの合意
- 各サブシステム(真空、低温、レーザー、防振)で、何をICMで実装すべきか  
リストアップ
  - 優先順位を付ける(iLCGTまでに必要な物, いずれはアップグレードしたいもの)
- ICMの実装方針(企業に頼むか、自前でやるか)
- ECの判断
- 実装作業